

Jukka Ala-Aho

Joustavan robottisärmäyssolun suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jukka Ala-Aho

Työn nimi: Joustavan robottisärmäyssolun suunnittelu

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 52

Liitteiden lukumäärä: 8

Tuotannon automatisointi ja joustavuus ovat asioita, jotka mahdollistavat yrityksen menestymisen nyt ja tulevaisuudessa. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin tuotannon automaatisointimahdollisuutta Jalasjärven Koja Oy:n tehtaalla.

Tavoitteena opinnäytetyössä oli selvittää, miten robottisärmäyssolu olisi mahdollista toteuttaa. Yksinkertaiset kappaleet, joiden sarjakoko on melko suuri, olisi tarkoitus särmätä robotilla. Työssä ratkaistiin myös muutamia ongelmia, joita työn aikana ilmeni. Työn yhtenä tarkoituksena oli myös selvittää solun hankkimiseen liittyvät kustannukset.

Eri laitetoimittajilta tiedusteltiin mahdollisia ratkaisuja ja näin saatiinkin arvokasta tietoa kyseisen projektin suunnittelemiseen. Yksi tärkeä osa-alue suunnittelussa on oikeanlaisten tarttujen suunnitteleminen robotille. Ilman oikeanlaisia tarttuvia solu olisi hyödytön.

Kilpailutuksen jälkeen saatiin selville toimittaja, joka tarjosi parhaimman ja edullisimman kokonaisuuden. Solun soveltuvuus selvitettiin erilaisten tutkimusten ja laskelmien pohjalta. Tehtyjen tutkimusten pohjalta saatiin selvitettyä, että solu soveltuisi hyvin nykyiseen tuotantoon.

Asiasanat: robotiikka, särmäys, tarttumat, layout

Salaisuus: Opinnäytetyö on osittain salainen.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Jukka Ala-Aho

Title of the thesis: Designing the flexible robotized press brake cell

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2010

Number of pages: 52

Number of appendices: 8

The automation and the flexible production maintain the success for companies now and in the future. In this thesis we explored the possibility to automatize the present production in the factory of Koja Ltd. in Jalasjärvi.

The goal of this thesis was to solve how the robotized press brake cell could be created. The main thing in this project is that the simple parts will be made by the robot. We also solved a few problems that occurred during the work. One of the main things was to find out the cost of this sort of the project.

We asked for different kinds of robot solutions from the suppliers. The suppliers gave us the important information and different kind of aspects. The most important sector in this kind of project is to design the right kind of grippers for the robot. The robotized cell would be useless without the right kind of grippers.

Then the suppliers sent us the offers of their products and then we had an easy job to decide the right supplier for this project. We found a supplier who could supply the whole package at the most affordable price. Via different kinds of research and calculations we found out that the robotized press brake cell would be a reasonable solution for the current production.

Keywords: robotics, edging, grippers, layout

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rakenne	10
2 TAUSTATIEDOT	11
2.1 Robotiikka	11
2.2 Särmäys	12
2.3 Automaatio	13
3 ROBOTISOINNIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	15
3.1 Robottiprojektin vaiheet.....	15
3.2 Robottiprojektin kannattavuus	17
4 ROBOTTI JA SÄRMÄYSPURISTIN	19
4.1 Robotin anturointi	19
4.1.1 Konenäköjärjestelmä	20
4.1.2 Robotin ohjaus	22
4.2 Särmäyspuristimen rakenne ja toiminta	22
4.2.1 Särmäyspuristimen anturointi.....	23
4.2.2 Vapaa- ja pohjaaniskutaivutus	24
4.2.3 Särmättävyys ja puristusvoima	25
4.3 Ongelmat särmäyksessä.....	26
5 SÄRMÄTTÄVÄT KAPPALEET	27
5.1 Kappaleiden valinta.....	27
5.2 Valitut kappaleet ja särmäysjärjestys	28

5.3 Ongelma FMS-järjestelmässä	29
6 ROBOTTITARRAIMET JA TYÖKALUT	32
6.1 Tarrainten suunnittelu	33
6.2 Tarttujen rakenne	36
6.3 Robotille valitut työkalut	36
7 ROBOTISOIDUN SÄRMÄYKSEN SIMULOINTI.....	37
7.1 Simuloinnin tarkoitus	37
7.2 Simuloinnin teko.....	37
7.3 Särmyksen kellottaminen Kojalla	38
7.4 Simulointi ja kellotus SeAMK:n konelaboratoriossa	39
7.5 Simuloinnin vahvuudet ja heikkoudet	40
8 SÄRMÄYSSOLUN TOIMINTAPERIAATE.....	41
8.1 Robotti osana FM-järjestelmää	41
8.2 Osien tilaus	41
8.3 Solun toiminta ja valmiiden osien toimitus.....	42
8.4 Osaston layout	43
9 TULOKSET.....	45
9.1 Projektin kustannus.....	45
9.2 Solun kannattavuus.....	46
9.3 Solun joustavuus.....	47
10 YHTEENVETO.....	48
11 OMAT POHDINNAT	50
LÄHTEET.....	51
LIITTEET.....	53

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

FMS	FMS eli Flexible Manufacturing System tarkoittaa joustavaa automaattista valmistusjärjestelmää (Aaltonen & Torvinen 1997, 242).
Myötöraja	Myötöraja on arvo, joka ilmaisee milloin materiaalissa alkaa tapahtua plastista muodonmuutosta (Ihalainen ym. 2003, 38).
Inertia	Inertia tarkoittaa kappaleen hitausmomenttia, joka aiheutuu kappaleen pinta-alasta ja massasta (Kymäläinen 2010).
Layout	Layout on termi, jolla tarkoitetaan koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475).
Nestaus	Nestaus tarkoittaa tietyllä ohjelmalla kappaleen muotojen sovittamista levyaihiolle, josta kappaleet sitten leikataan. Nestaukseen kuuluu myös työkalujen valinta, joilla kappaleet leikataan levystä. (Hunnakko 2010.)

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Teollisuusrobotti ABB. (ABB 2010.)	12
KUVIO 2. Finn-Powerin särmäyspuristin. (Finn-Power 2010.)	13
KUVIO 3. Robotin tärkeimmät komponentit. (Aalto ym. 1999, 13.)	20
KUVIO 4. Kuusiakselisen robotin akselit sekä liikesuunnat. (Lehtonen 2010.)	20
KUVIO 5. Robotin kamera kiinnitettynä viimeisen akselin yhteyteen.	21
KUVIO 6. Särmäyspuristimen rakenne. (Lepola & Makkonen 1998, 380.)	23
KUVIO 7. Särmäyspuristimen akselit. (Lepola & Makkonen 1998, 390.)	24
KUVIO 8. Vapaa- ja pohjaaniskutaivutus. (Ruukki 2007.)	24
KUVIO 9. Levyn lämpenemiseen kuluva aika. (Ruukki 2007.)	25
KUVIO 10. Puristusvoiman laskentakaava. (Ruukki 2007.)	26
KUVIO 11. Särmäysjärjestys	29
KUVIO 12. Pienten aihoiden ongelmallinen sijainti.	29
KUVIO 13. Finn-Powerin kuljetusrata.	30
KUVIO 14. Finn-Powerin automaattinen pinkkari.....	31
KUVIO 15. Kuva nostokorvasta.	31
KUVIO 16. Nostokorvien uusi ahiomalli.	31
KUVIO 17. Imukuppitarrain neljällä imukupilla.	32
KUVIO 18. Magneettitarttuja.	32

KUVIO 19. Kaksileukainen tarttuja.....	33
KUVIO 20. Tarraimien ryhmittely. (Aalto ym. 1999, 60.)	33
KUVIO 21. Huomioitavia asioita tarrainten valinnassa ja suunnittelussa. (Aalto ym. 1999, 67.).....	34
KUVIO 22. Kuva vorkkolistasta.	38
KUVIO 23. SeAMK:n robotti ja särmäyspuristin.	39
TAULUKKO 1. Automatisoitavat kappaleet.....	28

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön kohdeyrityksenä on Koja Oy Jalasjärven tehdas. Koja Oy valmistaa ilmankäsittelylaitteita erilaisiin käyttökohteisiin, kuten esimerkiksi asuin-, toimisto- ja teollisuustiloihin sekä laivoihin. Ilmankäsittelykoneet valmistetaan ohutlevystä, joko sinkitystä tai ruostumattomasta teräksestä käyttökohteesta riippuen.

Kojalla on paljon erilaisia särmättäviä ohutlevyosia ja suurin osa niistä on melko yksinkertaisia. Tällä hetkellä kaikkien pienten kappaleiden särmäys tapahtuu kolmella cnc-ohjatulla särmäyspuristimella.

Kojalla on käytössä kolme Finn-Powerin taivutusautomaattia, jotka ovat tavallaan automaattisia särmäyspuristimia. Näissä taivutusautomaateissa on kuitenkin taivutettavien kappaleiden koko rajoittavana tekijänä. Tämän takia kaikkien yksinkertaisten kappaleiden särmäys ei onnistu taivutusautomaatilla. Näiden kappaleiden manuaalinen särmäys halutaan automatisoida. Tämän takia joustavan robottisolun toteutus halutaan selvittää.

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia miten joustava robottisolu olisi mahdollista toteuttaa Jalasjärven tehtaalla. Joustava robottisolu olisi tarkoitus valjastaa yksinkertaisten ohutlevyosien särmäykseen, jolloin monimutkaisemmat osat jäisivät vielä työntekijöiden särmättäviksi. Eräkoot ovat melko suuria niillä ohutlevyosilla, joiden särmäys olisi tarkoitus automatisoida. Vaatimuksena Kojan puolesta särmäyssolulle on, että maksimissaan 2000 mm:n pituiset ja vahvuudeltaan kolmeen

millimetriin asti olevia osia pystytään taivuttamaan automaattisesti. Kustannustarkastelu on myös tärkeä osa työtä.

Opinnäytetyössä perehdytään myös tuotannonohjaukseen, jota tarkastellaan sekä särmäyssolun toiminnan että osien tilaamisen kannalta. Lisäksi työssä on tehtävänä ratkaista, miten muutamat kappaleet saataisiin helpommin särmäyssoluun.

1.3 Työn rakenne

Seuraavissa kappaleissa tullaan käsittelemään teoriaa robotiikasta, särmäyksestä ja automaatiosta. Kappaleissa syvennytään robottien ja särmäyspuristimien toimintaan sekä rakenteeseen. Yksi tärkeä osa-alue on robotin työkalujen suunnittelu, josta kerrotaan syvällisesti. Työssä kerrotaan myös ongelmista, joita automatisointi aiheuttaa sekä ratkaisuja ongelmiin. Työn lopussa ilmenee solun kustannukset sekä solun kannattavuus nykyiseen tuotantoon.

2 TAUSTATIETOA

2.1 Robotiikka

Mekaaninen piano ja reikäkortein ohjattu Jacquardin kutomakone 1800-luvun lopulta ovat antaneet pohjan robottien kehitykselle. Tieteiskirjallisuudessa robotit ovat olleet kautta aikojen suosittuja aiheita. (Aaltonen & Torvinen 1997, 138.)

Robotti käsitteenä on saatu koskettamaan jokapäiväistä tuotantoautomaatiota nykYTEKNIKAN ansiosta (Keinänen ym. 2001, 303). Robotti määritellään kansainvälisen robottiyhdistyksen mukaan seuraavasti:

Robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa (Aalto ym. 1999, 13).

Ohjelmoitavuus sekä monipuolinen mekaaninen liike ovat robotin keskeisiä tekijöitä (Keinänen ym. 2001, 305).

1960-luvun alussa robotteja alettiin suunnitella ja valmistaa kaupallisesti. 1970-luvulla robotit yleistyivät teollisuuden piiriin, jossa robottien sovelluskohteet ovat nykyäänkin. (Aaltonen & Torvinen 1997, 139.) Nykyaikaisen robotin kuva on esitetty kuviossa 1.

Tärkeimmät robotisointien perusteista ovat vaarallisten, raskaiden ja puuduttavien työvaiheiden rationalisointi ja eliminointi. Tällaisia töitä voivat olla esimerkiksi säteilylle altistava työ ja raskaiden kappaleiden käsittely. Työn ja tuotteiden tasalaatuisuus varmistetaan robotisoinnilla, jolloin inhimilliset virhetekijät pystytään minimoimaan. (Aaltonen & Torvinen 1997, 151.)



KUVIO 1. Teollisuusrobotti ABB. (ABB 2010.)

2.2 Särmäys

Särmäämiseksi kutsutaan pienellä taivutussäteellä tapahtuvaa levyateriaalin koneellista muovausta. Särmäys on kylmämuokkausta. Käytännössä särmäysmenetelmää voidaan käyttää kaikille ainevahvuuksille. Taivutussäteen pienentyessä ja ainevahvuuden kasvaessa ainut rajoittava tekijä on koneen teho. Pyrittäessä pysyvään muodonmuutokseen on muokattavan raaka-aineen myötöraja ylitettävä. Tällöin materiaali jää haluttuun muotoon eikä palaudu takaisin entiseen tilaansa. (Lepola & Makkonen 1998, 369.)

Nopeuden, helppokäyttöisyyden ja ennen kaikkea suuren taivutustehonsa ansiosta särmäyspuristimet ovat tulleet jäädäkseen. Eri materiaalit asettavat vaatimuksia särmäyspuristimen valinnassa. Särmäyspuristimet on suunniteltu ja rakennettu siten, että erilaiset työkalut on helppo kiinnittää ja irroittaa nopeasti. (Katainen & Mäkinen 1989, 70.)

Särmäyspuristinta käytettäessä levyaihiot saadaan muokattua haluttuun muotoon muototyökalujen välissä. Muototyökaluja kutsutaan ala- ja ylätyökaluiksi. (Lepola & Makkonen 1998, 369.) Nykyaikainen särmäyspuristin on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Finn-Powerin särmäyspuristin. (Finn-Power 2010.)

2.3 Automaatio

Suomeen automaatio-sana tuli jo 1950-luvun alkupuolella, mutta sen varsinaista merkitystä oli vaikea määrittää. Tämän vuoksi sana hävisi käytöstä ja sen tilalle otettiin muita termejä. Puhuttiin muun muassa mittaus- ja säätötekniikasta, servotekniikasta, analysaattoritekniikasta ja systeemitekniikasta. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1999, 7.)

Noin kaksi vuosikymmentä myöhemmin automaatio-sana palasi, ja se otettiin käyttöön sekä oppilaitoksissa että yleiskielessä. Automaatiolla käsitetään pitkälle automatisoitujen koneiden ja tuotantolinjojen käyttöä sekä automaattisten tuotantolaitteiden ja -laitosten suunnittelua ja toteuttamista. (Fonselius ym. 1999, 7.)

Mitta-antureiden avulla tehtyjä mittauksia, joista kerätään mittaustietoa, voidaan pitää lähtökohtana automaatiolle. Automaatioon liittyy aina mittauksia sekä mittauksiin liittyvää ohjausta ja säätöä. (Kippo & Tikka 2008, 7.) Kyky mitata, säätää ja toteuttaa haluttu toimenpide, jonka ihminen on ennakkoon asettanut vaatimusten mukaiseksi, on edellytyksenä automatisoinnille. (Heinonkoski, Asp & Hyppönen 2008, 13). Kun koneet ja laitteet toimivat ohjelmoidusti ilman ihmisen jatkuvaa ohjausta, voidaan vasta tällöin puhua automaatiosta. (Kippo & Tikka 2008, 17).

Erilaiset ratkaisut, jotka tehdään automatisoinnin johdosta, on luotava ihmisten ehdoilla. Ratkaisu on hyödytön, mikäli työntekijät eivät osaa käyttää jotakin järjestelmää. Toisena lähtökohtana ratkaisujen suunnittelussa on, että automaattiset tuotantoprosessit eivät aiheuta vaaraa työntekijöille. (Kippo & Tikka 2008, 9.)

3 ROBOTISOINNIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tuotannon manuaalisia työvaiheita ja työyksiköjä automatisoidaan roboteilla. Uuden tuotantojärjestelmän hankinnan yhtenä osana voi olla myös robotin hankinta. Tällöin uusi tehdas tai tuotantojärjestelmä suunnitellaan uuden tuotteen valmistamiseksi. Mikäli robotisointia suunnitellaan tai toteutetaan, sen on perustuttava aina todelliseen tuotannon rationalisointitarpeeseen. (Aaltonen & Torvinen 1997, 163.)

Konepajatuotannon automatisoinnissa on monia eri tapoja. Robotisointi ei aina ole ainoa tapa toteuttaa se. Erilaisten manipulaattoreiden ja automaattisten toimilaitteiden käyttömahdollisuus on myös selvitettävä robotisoinnin edetessä. (Aaltonen & Torvinen 1997, 164.)

3.1 Robottiprojektin vaiheet

Robotin hankintaan ja vastuun jakamiseen toimittajien kesken on kolme erilaista tapaa

1. avaimet käteen -kokonaistoimitus
2. erilaisten laitteiden hankinta ja niiden asennuttaminen toimittajalla
3. laitteiden ostaminen ja asentaminen itse. (Aaltonen & Torvinen 1997, 163.)

Vastuunjako on selkeä kokonaistoimituksessa. Lisäksi tekniset ja kaupalliset ehdot, jotka liittyvät toimitukseen, on helppo määritellä toimitussopimuksissa. Yrityksen omaa riskiä pystytään pienentämään robotisointihankkeen epäonnistuessa tekemällä yksityiskohtainen toimitussopimus. Tällöin toki tuottavuuden kehittäminen yhdessä robottitoimittajan kanssa jää avoimeksi. (Aaltonen & Torvinen 1997, 163.)

Robottijärjestelmä, joka hankitaan avaimet käteen -periaatteella, saadaan yleensä nopeasti tuotantokäyttöön. Järjestelmätoimittajan prosessitekni- sen tietämyksen rajallisuus on usein ongelmana kokonaistoimituksissa. Järjestelmän käytön kehitystyössä ja optimoinnissa yrityksen prosessien ymmärtäminen on välttämätöntä. Tiivis yhteistyö robottijärjestelmän toimittajan ja käyttäjän välillä on edellytys onnistuneelle tuotantojärjestelmälle. Esimerkkinä tällaisesta yhteistyöstä on oheislaitteiden suunnittelu sekä erilaisten tarraimien suunnittelu ja rakentaminen osaksi robottijärjestelmää. (Aaltonen & Torvinen 1997, 164.)

Robotisoinnin ensimmäinen vaihe on lähtötilanteen, manuaalisen tuotantovaiheen, tarkka analysointi. Tällöin kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin:

- kappaleiden vaatimaan tilaan
- kappaleiden vaatimiin siirtoihin
- oheislaitteiden sijoitteluun
- työvaiheiden etenemiseen loogisesti
- toiseen tuotantoympäristöön liittymiseen
- miehitykseen
- ympäristöolosuhteisiin. (Aaltonen & Torvinen 1997, 164.)

Ensimmäisen vaiheen jälkeen tehdään robotisoinnin alkusuunnittelu, jossa ratkaistaan

- layout
- vaatimukset syöttö- ja käsittelylaitteille
- tuotannon ja tuotteiden asettamat vaatimukset. (Aaltonen & Torvinen 1997, 164).

Mikäli todetaan, että robotisointi on oikea vaihtoehto tuotantoautomaatioon, seuraavaksi on tehtävä oheislaitteiden ja robotin käytön suunnittelu. Tarkennetaan alkusuunnittelun tietoja ja keskitytään

- suunnittelemaan käsittely- ja syöttölaitteita, eli tarraimet, kiinnittimet, palettit, kuljetusalustat
- tarkentamaan layoutia
- suunnittelemaan tuotanto- ja oheislaitteet, työstöyksiköt ja kuljetinradat
- huoltoon ja kunnossapitoon. (Aaltonen & Torvinen 1997, 165.)

Robotisointihankkeen toteutuksessa voidaan erotella eri pääkohdat, joissa

- laaditaan aikataulu
- tilataan valmiit komponentit ja järjestelmät
- asennetaan laitteet
- koeajetaan ja tehdään vaadittavat muutokset. (Aaltonen & Torvinen 1997, 165.)

3.2 Robottiprojektin kannattavuus

Robotisointihankkeesta, kuten mistä tahansa hankkeesta, on tehtävä tarkat investointilaskelmat teknisten määrittelyjen tueksi. Kannattavinta on jakaa laskelmat kahteen erään: investointikustannuksiin ja käyttökustannuksiin. (Aaltonen & Torvinen 1997, 165.)

Investointikustannuksia ovat

- laitteen hankintakustannus eli ostohinta
- suunnittelukustannukset, joihin liittyy asennuksen ja käyttöönoton suunnittelu
- asennus ja käyttöönottokustannukset eli kaikki se materiaali ja työ, mikä vaaditaan siihen, että robotti on paikoillaan
- työvälineiden ja oheislaitteiden hankintakustannukset eli tarraimet, syöttölaitteet ja kuljetinradat
- lisäkustannukset, joihin lasketaan kustannukset, jotka eivät kuulu muihin ryhmiin, kuten käsityökalut. (Aaltonen & Torvinen 1997, 166.)

Käyttökustannuksia ovat

- välittömät palkkakustannukset, joihin lasketaan robottijärjestelmän käyttäjien palkkakustannukset
- välilliset kustannukset, joihin lasketaan järjestelmän käyttöä tukevien tai avustavien henkilöiden, työnjohdon ja ohjelmoinnin, palkkakustannukset
- kunnossapito- ja huoltokustannukset, joihin lasketaan ennakoidun ja korjaavan kunnossapidon kustannukset

- energia-, aine- ja tarvikekustannukset, joihin liittyy käytöstä johtuvat kustannukset
- koulutuskustannukset. (Aaltonen & Torvinen 1997, 166.)

4 ROBOTTI JA SÄRMÄYSPURISTIN

4.1 Robotin anturointi

Robotin nivelten kulma-asemaa mitataan jatkuvasti paikanmittausantureilla. Robotin jokaiseen akseliin eli vapausasteeseen on kytketty oma anturi. Anturien tehtävä on antaa paikkatietoa jatkuvasti ohjausjärjestelmälle. Anturien käytön ansiosta saadaan tietoa myös akselin liikesuunnasta, nopeudesta ja kiihtyvyydestä. Kaikkia edellä mainittuja tietoja tarvitaan robotin nivelen paikkasäädössä. Roboteissa käytettäviä asema-antureita ovat inkrementtianturit, absoluuttianturit ja resolverit. (Aalto ym. 1999, 30.)

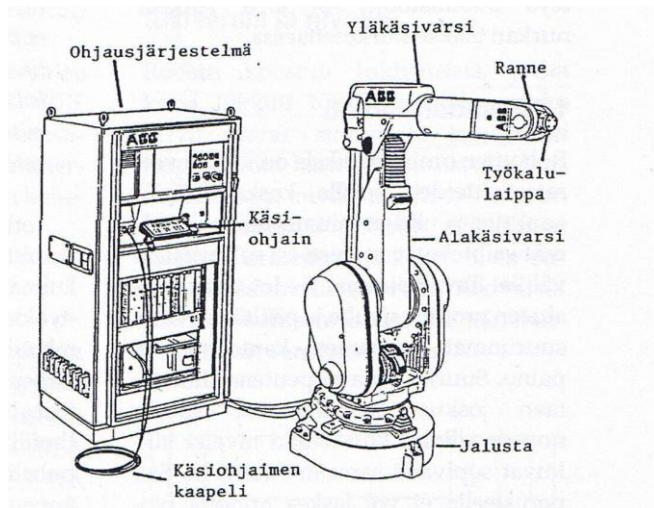
Inkrementti- eli pulssianturit ilmoittavat pulsseina akselin kulkeman matkan ja liikesuunnan ohjausjärjestelmälle. Jokainen pulssi vastaa tiettyä akselin kulkemaa matkaa tai kulman muutosta. (Aalto ym. 1999, 31.)

Absoluuttianturit ilmoittavat akselin todellisen sijainnin ohjausjärjestelmälle digitaalisena kooditavuna. Absoluuttisen pulssianturin käytössä ei tarvita jatkuvaa pulssien laskentaa, kuten inkrementtianturilla, sillä se tietää sijaintinsa jatkuvasti. Tällöin robottia käynnistettäessä ei tarvitse suorittaa kalibrointia. (Aalto ym. 1999, 32.)

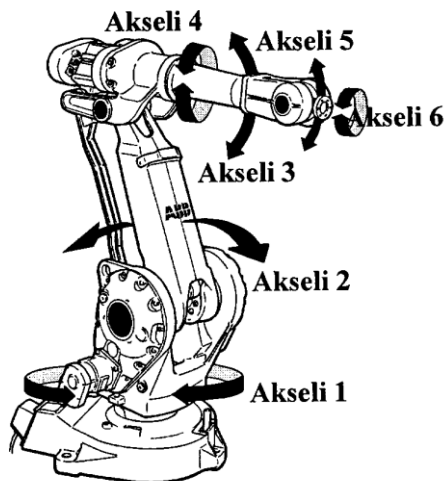
Resolverin toimintaperiaate on selitetty seuraavasti:

Resolveri on muuntaja, jonka staattorin ja roottorin välinen kulma muuttaa magneettivuota ja samalla toisiojännitettä, josta voidaan päätellä kiertymäkulma yhden kierroksen alueella (Aalto ym. 1999, 32).

Teollisuusrobotti ja sen tärkeimmät komponentit on esitetty kuviossa 3. Robotin tarkempi rakenne on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 3. Robotin tärkeimmät komponentit. (Aalto ym. 1999, 13.)



KUVIO 4. Kuusiakselisen robotin akselit sekä liikesuunnat. (Lehtonen 2010.)

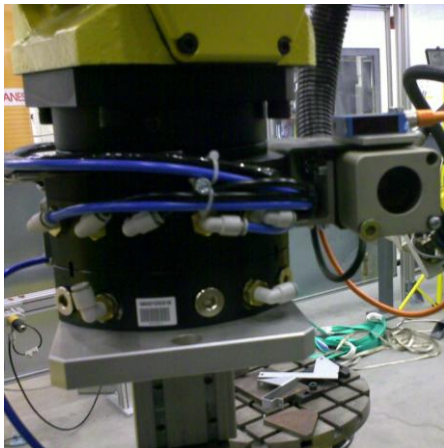
4.1.1 Konenäköjärjestelmä

Konenäköjärjestelmästä puhuttaessa tarkoitetaan hahmon ja kappaleentunnistusta kameratekniikan ja tietokoneohjelmiston avulla. Konenäön mahdollisuudet ja edut on tunnettu jo pitkään robotiikan erilaisissa sovelluksissa. Konenäköjärjestelmän yleistymisen on mahdollistanut tehokkaat tietokoneet. Konenäön käyttö robotin yhteydessä on mahdollista silloin, kun halutaan minimoida mekaanisten paikoittimien ja kiinnittimien tarve sekä silloin, kun perinteinen anturointi ei enää riitä. (Aalto ym. 1999, 56.)

Konenäön tehtävät robottisovelluksissa voidaan karkeasti jakaa seuraaviin ryhmiin:

- kohteen tai kappaleen paikan määrittäminen
- kohteen tunnistaminen tai luokittelu laadun, muodon, värin, tunnisteen, koon tai kohteessa olevan tekstin perusteella
- kappaleen tai kohteen mittaaminen robotin liikeohjelman muokkaamiseksi tai luomiseksi. (Aalto ym. 1999, 56.)

Näköjärjestelmään liittyvät komponentit ovat laskentayksikkö, näköjärjestelmäkortti sekä kamera. Valaistuksesta tulee myös huolehtia. Näköjärjestelmä toimii siten, että kameralla otetaan kappaleista kuvat, jotka siirtyvät näköjärjestelmäkortin välityksellä tietokoneen muistiin. Muistia ja kameraa käytettäessä robotti tunnistaa lavalla olevat kappaleet ja suorittaa niille asetetut tehtävät. (Aalto ym. 1999, 57.) Robotin konenäköjärjestelmän kamera on kuvattu kuviossa 5.



KUVIO 5. Robotin kamera kiinnitettynä viimeisen akselin yhteyteen.

Konenäköjärjestelmä on kuitenkin vielä melko kallis, noin 15 000 €. Lisäksi tässä tapauksessa se osoittautuu turhaksi, koska kappaleet tulevat valmiissa pinoissa robotille. Kappaleen paikoitustarkkuudeksi riittää se, että tarraimet eivät osu kappaletta noudettaessa aihiossa mahdollisesti olevien reikien kohdalle. Robotti paikoittaa kappaleet erillisellä paikoituspöydällä jokaisen työkierron aikana. (Kymäläinen 2010.)

4.1.2 Robotin ohjaus

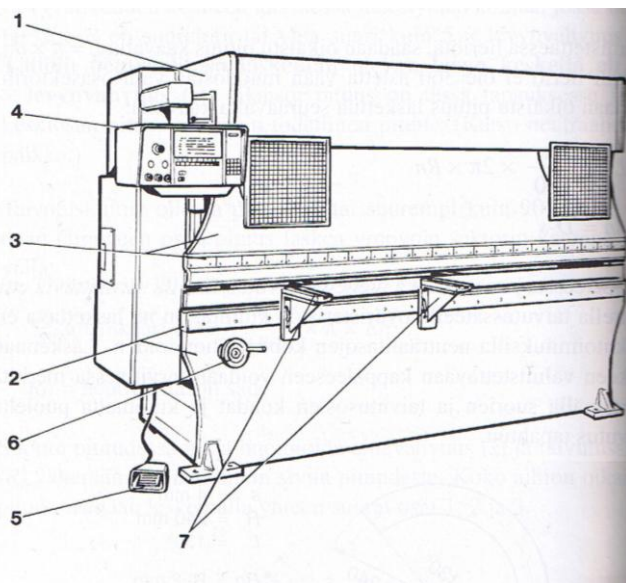
Robottien toiminnasta vastaa ohjausjärjestelmä, jotka ovat reaaliaikaisia prosessitietokoneita. Ominaista reaaliaikaisille ohjausjärjestelmille on se, että niissä toimii useita tietokoneohjelmia yhtä aikaa. Ennen kaikki robottivalmistajat tekivät omat ohjausjärjestelmänsä. Kaikilla oli siis oma ohjelmointimenetelmänsä. Nykyään uusien robottien ohjausjärjestelmät vastaavat toisiaan, kun muutama robottivalmistaja jakaa markkinat. Aikaisemmin robottien toimintaa rajoitti liian pienet massamuistit. Nykyään se ei ole enää ongelma, koska robottien keskusyksikkö on toimistokäyttöinen tietokone. (Aalto ym. 1999, 34.)

Yksinkertaisimmillaan robottien ohjauksen voidaan sanoa olevan tietojenkäsittelyä. Ohjausjärjestelmissä käytetään hyväksi selkeää periaatetta, jolloin kaiken täytyy olla kunnossa, jotta robotti liikkuu. (Aalto ym. 1999, 35.)

4.2 Särmäyspuristimen rakenne ja toiminta

Kappaleiden särmääminen on yleensä tehokkaampi menetelmä loppusovelluskohteenä, kuin osien hitsaaminen ja liittäminen toisiinsa muilla liitosmenetelmillä. (Ruukki 2010). Särmäyspuristimen rakenne on esitetty kuviossa 6, jossa näkyy

1. särmäyspuristimen runko
2. alapalkki ja alatyökalu eli vastin
3. yläpalkki ja ylätyökalu eli painin
4. käyttöpaneeli
5. jalkakäyttö
6. takarajoittimen säätö
7. etukannattimet. (Lepola & Makkonen 1998, 380).



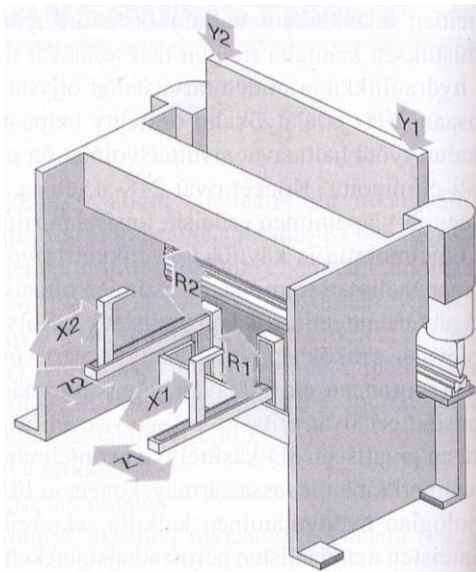
KUVIO 6. Särmäyspuristimen rakenne. (Lepola & Makkonen 1998, 380.)

Nykyaikaisissa särmäyspuristimissa painimen ja takarajoittimen säätö suoritetaan automaattisesti, esimerkiksi servomoottoreiden avulla. Nykyään särmäyspuristimet jaetaan pääsääntöisesti kolmeen pääryhmään

1. mekaanisiin puristimiin
2. hydraulisiin puristimiin
3. sähkömekaanisiin puristimiin. (Hunnakko 2010.)

4.2.1 Särmäyspuristimen anturointi

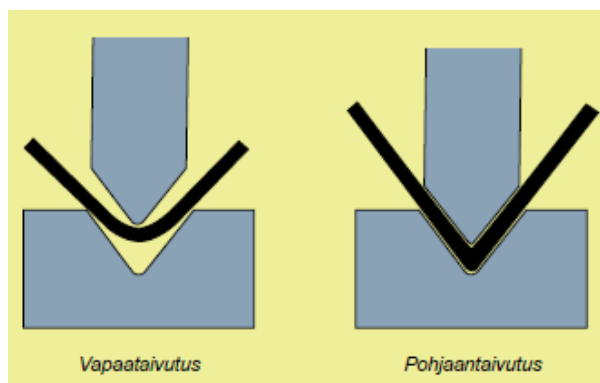
Särmäyspuristin voidaan liittää toimimaan yhdessä robotin kanssa, mutta siihen on tehtävä pieniä muutoksia. Toimittaja tekee tarvittavat muutokset särmäyspuristimen sähkökaappiin. Särmäyspuristimen takavasteeseen asennetaan lähestymiskytkimet, joiden tehtävä on huomata, milloin särmättävä kappale on oikeassa paikassa. Levyn särmäys alkaa sitten, kun lähestymiskytkimet ilmoittavat ohjelmalle, että levy on paikoillaan. Levyaihion tuonnin paikoilleen hoitaa tässä tapauksessa robotti. (Hunnakko 2010.) Puristin voi olla 2–8 -akselinen. Kuusi ensimmäistä tarkoittavat takavasteen liikeakseleita. Kaksi viimeistä tarkoittavat ylävasteen päiden liikeratoja, jotka ovat toisistaan riippumattomia. (Lepola & Makkonen 1998, 390.) Särmäyspuristimen kuusiakselinen takavaste on esitetty kuviossa 7.



KUVIO 7. Särmäyspuristimen akselit. (Lepola & Makkonen 1998, 390.)

4.2.2 Vapaa- ja pohjaaniskutaivutus

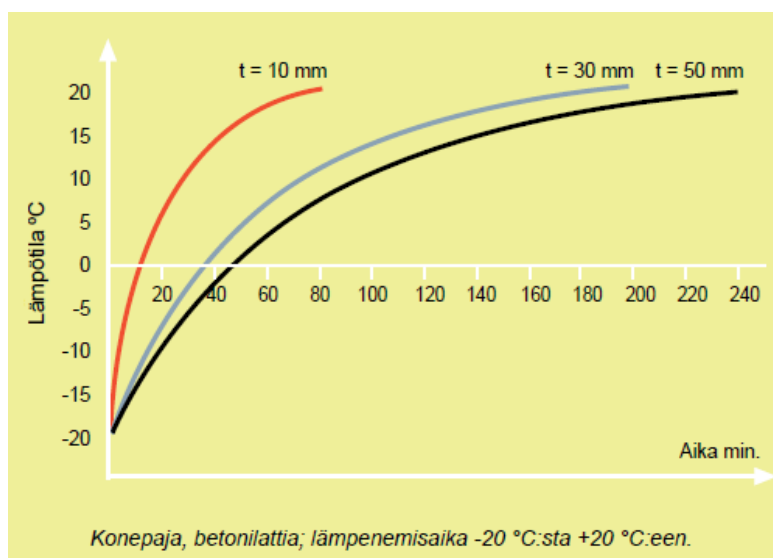
CNC-ohjatuissa särmäyspuristimissa ohjelma hoitaa parametrien asettelun. Vapaataivutuksessa levy taipuu ylätyökalun kärjen ja alatyökalun kylkien välissä. (Lepola & Makkonen 1998, 380.) Iskunpituutta säätelemällä saadaan aikaiseksi haluttu taivutuskulma. Pohjaaniskutaivutuksessa iskunpituus on niin pitkä, että ylätyökalu painaa taivutettavan aihion täysin alatyökalua vasten. Tällöin levyyn tulee painimen ja vastimen mukainen särmä. (Ruukki 2007.) Vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus on kuvattu kuviossa 8.



KUVIO 8. Vapaa- ja pohjaaniskutaivutus. (Ruukki 2007.)

4.2.3 Särmättävyys ja puristusvoima

Onnistuneen särmäyksen perusedellytys on se, että taivutettava materiaali annetaan lämmetä huoneenlämpötilaan läpikotaisin ennen särmäystä. Kuviossa 9 on kuvattuna levynipun paksuuden vaikutus aikaan, joka kuluu materiaalin saavuttaessa huoneenlämpötilan. (Ruukki 2007.)

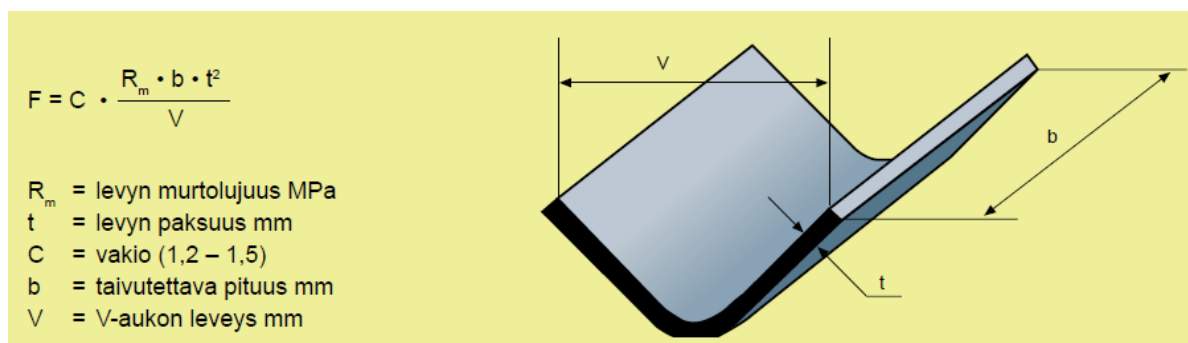


KUVIO 9. Levyn lämpenemiseen kuluva aika. (Ruukki 2007.)

Tarvittavan puristusvoiman määräytyy käytettävän V-aukon leveydestä, taivutettavan kulman sivupituudesta, särmäysleveydestä, materiaalista, taivutussäteestä sekä käytettävästä taivutustavasta, eli tehdäänkö pohjaanisku- vai vapaataivutus. (Lepola & Makkonen 1998, 380.) Murtolujuuden perusteella teräslajien eroja voidaan arvioida. Teräksen murtolujuus-arvon kasvaessa myös vaadittava puristusvoima kasvaa. (Ruukki 2007.)

Parhaan mahdollisen taivutustuloksen saavuttamiseksi tarvitaan sekä teoreettista tietoa että kokemusta. Käytettävien työkalujen kunto vaikuttaa myös taivutustulokseen. Teräksen murtolujuus on suuri tekijä määritettäessä oikeaa puristusvoimaa. Taivutuksessa tarvittavan puristusvoiman määrittämiseen on kaava, joka on esitetty kuviossa 10. (Ruukki 2007.) Myös levyn valssaussuunta vaikuttaa taivutuksen onnistumiseen. Mieluiten taivutus tehdään kohtisuoraan valssaussuuntaan nähden. (Kauppinen 1991, 96.) Tämä siksi, että valssaussuunta vaikuttaa levyn taivu-

tusominaisuuksiin samalla tavalla kuin kappaleen lujuusominaisuuksiinkin. (Katainen & Mäkinen 1989, 36.)



KUVIO 10. Puristusvoiman laskentakaava. (Ruukki 2007.)

4.3 Ongelmat särmäyksessä

Särmäyksessä taivutettavaan kappaleeseen syntyy jännitystiloja, koska taivutettavan kappaleen ulkopinta venyy ja sisäpinta puristuu kasaan. Taivutus tapahtuu plastisten ja kimmoisten muodonmuutosten summana. Vapautuessaan työkalukosketuksesta kimmoisa osuus pyrkii palautumaan takaisin. Syntyneitä jännitystiloja kutsutaan jäännösjännityksiksi, joiden laukeaminen aiheuttaa takaisinjoustoja särmäyksessä. (Kauppinen 1991, 90.)

Vapaataivutuksessa takaisinjouston suuruus on muutamia asteita. Pohjataivutuksessa takaisinjousto esiintyy vähemmän. Takaisinjousto vaihtelee eri materiaaleilla ja esiintyy erisuuruisena. Vaihtelua esiintyy samankin materiaalin sisällä. Takaisinjousto on asia jota on vaikea hallita. Usein tehdäänkin niin, että ensin taivutetaan koekappale, josta mitataan mahdollinen kulmaan tullut virhe. Näin asia voidaan korjata ennen varsinaisten kappaleiden taivutusta. (Kauppinen 1991, 101.)

5 SÄRMÄTTÄVÄT KAPPALEET

Kojalla on useita erilaisia särmättäviä ohutlevyosia. Yksinkertaisia särmättäviä osia haluttiin järkevästi poistaa siten, että työntekijöille jää vaativimmat särmättävät osat. Robottisärmäyssolu hoitaisi näiden yksinkertaisten osien särmäämisen, koska eräkoot ovat melko suuria.

Kaikessa kappaletavaratuotannossa automaatio on yleistynyt kovaa vauhtia. Eri-tyisesti metalli-, sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa automaatio on suuressa roolissa. (Kippo & Tikka 2008, 18.) Erilaiset automaatio-sovellukset ovat vähentäneet olennaisesti tuotannossa tarvittavaa työvoimaa verrattuna alkuaikojen mekanisoituun valmistukseen ja massatuotantoon. Joustava ja tehokas kappaletavaratuotanto on mahdollista, kun käytetään numeerisesti ohjattuja työstökoneita, teollisuusrobotteja sekä automaattisia kuljetinjärjestelmiä. (Heinonkoski, Asp & Hyppönen 2008, 102.)

5.1 Kappaleiden valinta

Kaikki osia sisältävät hyllyt käytiin läpi ja merkittiin ylös mitkä kappaleet olisi mahdollista särmätä robotilla. Lisäksi käytiin läpi työntekijän kanssa levytyökeskuksessa oleva hyllystö, koska osa kappaleista on siellä eikä normaaleissa hyllyissä. Valituissa kappaleissa tuli ottaa huomioon yrityksen vaatimukset särmäykseen liittyen, jotta niitä ei ylitetä.

5.2 Valitut kappaleet ja särmäysjärjestys

Automatisoitaviksi valitut kappaleet on esitelty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Automatisoitavat kappaleet.

Kappaleen nimi	Menekki kpl/kuukausi
L-listat	1000
Vokkilistat	1000
Hattulistat	1000
Nostokorvat	1000
Ohjainlistat	1000
Pystykehykset	1000
Alustapalkkien osat	500
Puhaltimien alustapalkit	200
Hifek:	
Kannet	333
Moottoripedit	333
Moottorin kiinnityslevyt	333
Irtopohjat	333

Osat ovat yksinkertaisia ja niissä on vain muutama taitos. Monien kappaleiden kohdalla erilaisia variaatioita on kuitenkin melko paljon. Eli muoto on sama, mutta pituudet ja leveydet vaihtuvat. Valitut kappaleet ovat sellaisia, jotka rasittavat yksinkertaisuudellaan työntekijöitä. Tällaisia kappaleita särmättäessä vahinkojen tapahtuminen on mahdollista, koska työntekijä väsyä yksinkertaisen kappaleen työstöön.

Särmäysjärjestyksessä on otettava huomioon, missä järjestyksessä osia mahdollisesti tarvitaan. Eli ensin tehdään ne osat, jotka asennetaan ensi. Tällä periaatteella järjestys olisi kuvion 11 mukainen.

	Future-kokoonpano	Suodatinkokoonpano	Hifek-kokoonpano
1	Hattulistat	Pystykehukset	Irtopohjat
2	L-listat	Ohjainlistat	Moottorin kiinnityslevyt
3	Vokkilistat		Moottoripedit
4	Nostokorvat		Kannet
5	Puhaltimien alustapalkit		
6	Irtopohjat		

KUVIO 11. Särmäysjärjestys

Kuvio tehtiin menekin perusteella, mutta myös sen perusteella, mitkä osat tarvitaan ensin eri tehtävissä. Kuten kuviosta huomataan, robotilla särmättävät osat löytyvät kolmelta eri kokoonpanopuolelta.

5.3 Ongelma FMS-järjestelmässä

Usein tarraimia ja työkaluja suunniteltaessa joudutaan tekemään prosessimuutoksia tai suunnittelemaan kappaleet uudelleen (Aalto ym. 1999, 68). Yksi vaatimus suunnittelulle oli, miten eräät aihiot saataisiin helposti robotille. Tämä edellyttää myös sitä, että ratkaisu olisi jollain tavalla automatisoitu, jolloin työntekijän ei tarvitsisi juurikaan koskea kappaleisiin.

Ongelmana on se, että pienet särmättävät aihiot putoavat kuvion 12 mukaisille kauluslavoille kuljetusradan alapuolelle. Kuljetusrata on kuvattuna kuviossa 13. Kappaleet ovat aivan summittaisessa järjestyksessä tippuessaan lavalle, ja tähän tulee saada ratkaisu.



KUVIO 12. Pienten aihoiden ongelmallinen sijainti.



KUVIO 13. Finn-Powerin kuljetusrata.

Kojalla on käytössä Finn-Powerin levytyökeskus, ja sieltä tiedusteltiin myös mahdollista valmista ratkaisua ongelmaan. Yhteydenottojen jälkeen saimme tietää, että Finn-Power ei toimita tai valmista järjestelmää, joka lajittelisi aihiot järjestykseen kuvion 12 mukaisesta paikasta. Ratkaisut jotka on tehty tällaisiin tilanteisiin, ovat kaikki olleet kappalekohtaisia. Yksi tällainen ratkaisu oli käyttää painovoimaa järjestäessä kappaleita. Yksi rajoittava lisätekijä tässä tilanteessa on tilanpuute. Tämä aiheuttaa sen, että lyhyen kuljetinradan ja jonkinlaisen robotin käyttö kappaleiden järjestämisessä ei ole mahdollista. Tällainen ratkaisu myös kasvattaisi robotisärmäyssolun hankintakustannuksia suuresti.

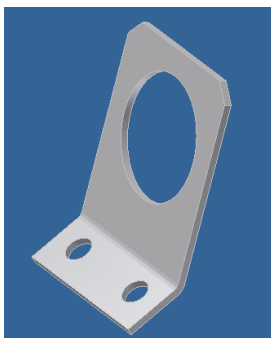
Usein käy niin, että vanhaan tuotteeseen ei aina saada kokoonpanon tai automaattisen käsittelyn vaatimia piirteitä. Useasti automatisointitilanteissa on järkevintä tuotteen ja valmistusjärjestelmän samanaikainen suunnittelu. Ongelmat, jotka liittyvät työkappaleisiin, ovat koon, muodon ja massan vaihtelut sekä erilaiset materiaalit, samoin kappaleen epämääräinen asema. (Aalto ym. 1999, 66.)

Levytyökeskukseen on liitetty toimittajan oma NightTrain-hyllystöhissi ja hyllystö. Järjestelmässä on automaattinen pinkkari, joka järjestää aihiot valmiisiin pinkkoihin paaleille. Pinkkari on kuvattu kuviossa 14 ja sijaitsee kuvion 13 kuljetusradan vieressä.

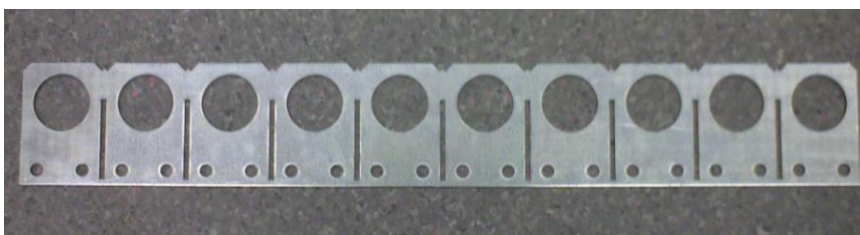


KUVIO 14. Finn-Powerin automaattinen pinkkari.

Ratkaisu on, että osa aihioista nestataan siten, että aihiot voidaan ajaa pinkkarille lävistyksen jälkeen. Käytetään siis hyväksi valmista järjestelmää, kun sellainen on olemassa. Yksi kappale, joka aiheuttaa suuria ongelmia pinkkarin käyttöön liittyen on nostokorva. Nostokorva on kuvattuna kuviossa 15. Ratkaisu nostokorvien järjestelemiseen on nestata ne siten, että nostokorvat tulevat kiinni toisiinsa. Niihin lyödään työkalulla v-urat jolloin ne voidaan helposti taivuttaa irti toisistaan. Tällaista työkalua ei vielä ole Kojalla, mutta sen saa hankittua esimerkiksi Finn-Powerilta. Nostokorvista tehdään SeAMK:n konelaboratoriossa suoritettavaa särmäyskokeilua varten kuvion 16 mukaiset aihiot.



KUVIO 15. Kuva nostokorvasta.



KUVIO 16. Nostokorvien uusi ahiomalli.

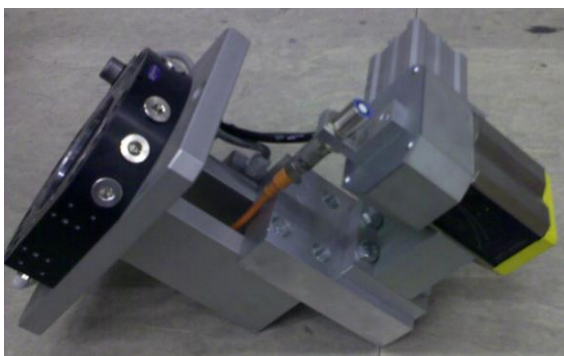
6 ROBOTTITARRAIMET JA TYÖKALUT

Kappaleita läpikäydessä mietittiin samalla millaisia erilaisia tarttuvia kappaleiden työstämiseen tulisi käyttää. Vaihtoehtoiksi valitsimme erilaisia imukuppi- ja magneetitarttuvia.

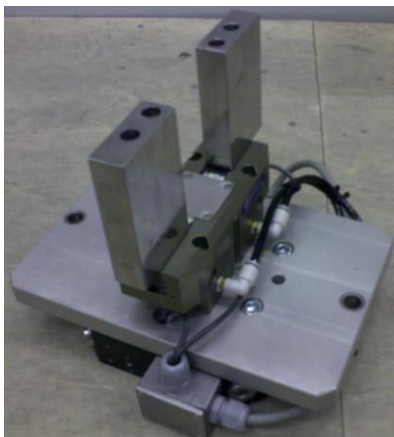
Mekaanisesta osasta, jota robotti siirtää paikasta toiseen, käytetään nimitystä työkalu. Yleisin työkaluista on tarrain. Toisen ryhmän muodostavat johonkin prosessiin osallistuvat työkalut, kuten hitsauspistooli, maalausruisku tai liimasuutin. Tarrainten suunnittelu on robottisovelluksissa yksi järjestelmäsuunnittelun välttämättömiä osa-alueita. (Aalto ym. 1999, 60.) Esimerkkejä tarraimista on esitetty kuvioissa 17, 18 ja 19.



KUVIO 17. Imukuppitarrain neljällä imukupilla.



KUVIO 18. Magneetitarttuja.



KUVIO 19. Kaksileukainen tarttuja.

6.1 Tarrainten suunnittelu

Tarttujen suunnittelussa ja valmistuksessa onnistuminen osoittautuu usein robotisointihankkeiden kulmakiveksi. Tarttujen vajaatoimisuus ja epäluotettavuus aiheuttavat robottien tuotantokäytössä turhia katkoksia ja ongelmia. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 247.)

Erilaiset tarraintyypit ja tartuntatavat on tunnettava suunniteltaessa ja valittaessa tarraimia. Tarraimet voidaan jakaa kuvion 20 mukaisiin ryhmiin.

<ul style="list-style-type: none"> • Avautuvat ja sulkeutuvat tarraimet tarttuvan liikkeen mukaan; usein tartutaan eri kappaleisiin ulko- tai sisäpuolisella otteella • Kiertyväsormiset ja rinnakkain suoraviivaisesti liikkuvilla sormilla varustetut tarraimet • Pneumaattiset, hydrauliset tai sähköiset tarraimet toimilaitteen tyyppin mukaan • Liikkuvien sormien lukumäärän mukaan, kaksi-, kolmi- ja useampisormiset tarraimet • Jäykät ja joustavat tarraimet • Kappalekohtaiset tai yleistarraimet sen kappalemäärän mukaan, johon tarraimella voidaan tarttua. "Mihin tahansa tarttuvaa tarrainta" ei ole. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keskittävät tarraimet, jotka siirtävät kappaletta otetta muodostettaessaan vakioasemaan • Magneettiset tarraimet • Alipainetarraimet • Sisäisesti laajenevat tarraimet • Yksittäinen, kaksois- tai revolveritarrain (monitarrain) sen mukaan, kuinka monta sormiryhmää tarraimessa on • Älykkäät anturoidut tarraimet, esimerkiksi servotarraimilla sormet saadaan ohjattua mielivaltaiseen avautumaan eli sormien väliseen etäisyyteen; yksittäisellä sormella voi olla oma servotoimilaite • Erikoistarraimet
--	---

KUVIO 20. Tarraimien ryhmittely. (Aalto ym. 1999, 60.)

Tarraimen suunnittelussa on otettava huomioon seuraavia vaatimuksia ja reuna-ehdoja, jotka on esitetty tarkemmin kuviossa 21.

Koon, muodon ja massan vaihtelut	Tehtävä	Toiminnalliset	Toiminta, kustannukset ja aika
Tartuntavoima (hauras/kestävä kappale)	Tehtävän laatu	Lisäfunktiot	Hinta
Sormien liike	Toleranssit	- mittaus	Laatu
Toimilaite	Liikeparametrit	- tarkastus/tunnistus	Tehokkuus
Painopiste	-nopeus	-kappaleen keskitys	Lyhyt läpimenoaika
Pinnan laatu	-kiihtyvyys	- mukautuminen	Yrityksen imago
Toleranssit	-tahtiaika	Turvallisuus ja luotettavuus	Automatisointiprojektin yleiset edellytykset
	Törmäykset	Laaja käsittelykyky	
	Tiedonvälitys muiden laitteiden kanssa	Tarkkuus	
	-standardi	Kunnossapito	
Kappaleiden erilaiset materiaalit	-nopeus	Yhteensopivuus	
Materiaalin lujuus	-yhteensopivuus	Asennus	
Pintapaineen kestävyys	Aistien tarve	Hallittu jousto	
Tartuntaperiaate	-mittaus	Jäykkyys	
Kitkakerroin	-tiedonkäsittely	Välykset	
Tunnistettavuus	Mukautumiskyky	Kuluminen	
Materiaalivakiot		Rakenteelliset	
- lämmönjohtavuus	Ympäristö	Pieni koko	
- magneettisuus	Epäpuhtaudet	Modulaarisuus	
- eriste/johde	-öljy, pöly, jne.	Mekaaninen jäykkyys, keveys	
	- työstölastut	Antureiden ja toimilaitteiden sijoitus	
Kappaleiden asema epämääräinen	Lämpötila	Kaapeleiden sijoitus	
Kappaleen etsintä	Ilman kosteus	Ohjauselektronikan pakkaus	
Erottuvuus	Säteily	Valmistettavuus	
Asema ja asento	Valaistus (näköjärjestelmä)	Suojaukset	
Luoksepäästävyys	Tärinä	Mekaaninen liityntä	
Apulaitteet	Sähkömagneettiset häiriöt	-robotin työkalulaippa	
	Muut laitteet	Sormien vaihdettavuus	
	-yhteensopivuus		

KUVIO 21. Huomioitavia asioita tarrainten valinnassa ja suunnittelussa. (Aalto ym. 1999, 67.)

Tarraimien suunnittelu ja valmistus kannattaa tehdä itse tai tiiviissä yhteistyössä laitteistotoimittajan kanssa. Yhteistyön on oltava tiivistä, koska ulkopuolisten suunnittelutoimistojen ja robottitoimittajien on vaikeaa tietää tuotannon ympäristöolosuhteiden tuomia erityisvaatimuksia. Esimerkkinä tällaisesta vaatimuksesta on rasvaisten ja öljyisten ohutlevyjen siirtely yksi kerrallaan. Rasvan ja öljyn vuoksi levyt tarrautuvat toisiinsa, mikä aiheuttaa ongelmia tuotannossa. (Aaltonen & Torvinen 1997, 172.) Eri laitevalmistajilla on olemassa erilaisia vakioratkaisuja tarttuihin, mutta ne vastaavat kuitenkin hyvin suppeaan tarpeeseen. Robottia hankitta-

essa tarttumat eivät yleensä kuulu hintaan. Tämä kannattaa muistaa, koska tarttumat ovat merkittävä hinnanmuodostaja solulle. (Keinänen ym. 2001, 321.)

Kestävyyttä ajatellen tarttuvien valmistusmateriaaliksi suositellaan työkaluteräksiä. Tällaisesta materiaalista valmistetut tarttumat kestävät suuria rasituksia ja väsyttävää kuormitusta. Kehitystyön kuluessa tarttuvia joudutaan muuntelemaan useaan otteeseen, jolloin kannattavinta on käyttää alumiiniseoksia materiaalina. Alumiini on hyvä tarttuvien rakenneaine helpon koneistettavuuden, keveyden ja riittävän lujuutensa ansiosta. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 248.)

Yleensä tarttumat suunnitellaan yhtä tuotetta tai suppeaa tuoteperhettä ajatellen, jolloin niiden rakenne ja toiminta voidaan optimoida. Tarttuvien käyttöaluetta on helppo laajentaa esiaseteltavien luistien ja siirtoruuvien avulla. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 248.)

Tartuntavoiman suuruus otetaan yleensä lähtökohdaksi tarrainten mitoituksessa. Tarttuvan rakenteellisen keveyden vaatimus perustuu tarttuvan sijaintiin robotin kiertokeskiöstä. Valmistajien ilmoittama suurin taakka tuoteluetteloissa ei sisällä tarttuvan painoa. Tämä on otettava huomioon mitoituksessa. Engelberger on esittänyt hyväksi havaitun arvion miten tartuntavoima määritetään vaakasuuntaisessa ja pystysuuntaisessa liikkeessä. Arvio on ilmaistuna kaavassa 1. (Keinänen ym. 2001, 323.)

Tartuntavoima lasketaan kaavasta

$$F = m \times \mu \times (a + g) \times e \quad (1)$$

jossa	F	on	tarvittava tartuntavoima
	m	on	kappaleen massa
	μ	on	kitkakerroin tarttuvan ja kappaleen välillä
	a	on	kappaleen suurin nopeus työkierron aikana
	g	on	maan putoamiskiihtyvyys $9,81 \text{ m/s}^2$
	e	on	varmuuskerroin välillä 1,2-2,0. (Keinänen ym. 2001, 323).

6.2 Tarttujen rakenne

Tarttujen rakennetta tarkasteltaessa huomataan, että niissä matkitaan ihmiskäden sormien liikkeitä ja asentoja. Kitkakertoimen parantamiseksi tarttujen tartuntapintoja karhennetaan tai päällystetään kumi ja polymeeriseoksilla. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 249.)

Nykytekniikalla voima tarttujaan välitetään hydraulikan, pneumatiikan ja sähköenergian avulla. Näitä kaikkia säätölajeja voidaan ohjata ja säätää riittävällä tarkkuudella. Viime vuosina servopneumatiikka on kehittynyt ja sitä käytetäänkin yhä enenevässä määrin. Kun halutaan käyttää suuria tartuntavoimia, otetaan avuksi hydraulikka. (Aalto ym. 1999, 69.)

6.3 Robotille valitut työkalut

Laitetoimittajat lupaavat poikkeuksetta robotin yhteyteen kaksi tarrainta mukaan. Uusien tarraimien teettäminen laitetoimittajalla maksaa melkoisesti. Hinnat liikkuvat 500 € ja 5000 € välillä. Tokikin tarraimia on melko helppo tehdä itse, kunhan malli otetaan alkuperäisestä. Tämä tapa onkin melko yleinen, koska pienellä työllä voi saada suuret säästöt.

Koska työstettävät materiaalit ovat sinkittyä ja ruostumatonta terästä, on valittava kaksi eri toimintatapaa tarttujille. Toinen näistä on imukuppi ja toinen magneettitarttuja. Imukuppitarttumat käyvät molemmille materiaaleille, mutta magneettitarttuja käy vain sinkitylle. Magneetti ei tartu ruostumattomaan teräkseen, koska siinä ei ole tarpeeksi hiiltä. Kaksi erilaista tarttumat suunnitellaan laitetoimittajan kanssa ja loput tarvittavat tehdään itse. Magneettitarttuman kanssa olisi käytettävä kestopneumatiikkaa materiaalilavoilla, jolloin aihiot alkaisivat hylkiä toisiaan nipuissa. Tällöin yhden kappaleen nostaminen magneetilla onnistuu ilman, että kaikki kappaleet tarrautuvat toisiinsa ja nousevat robotin mukana. (Väisänen 2010.)

7 ROBOTISOIDUN SÄRMÄYKSEN SIMULOINTI

7.1 Simuloinnin tarkoitus

Simuloinnista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä tietokoneen avulla tapahtuvaa järjestelmän mallintamista, mallin kokeellista manipulointia sekä tulosten analysointia. Järjestelmän toiminta kokonaisuutena ymmärretään paremmin kuvaamalla ongelma tai idea simulointimallilla. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen. 1997, 319.)

Graafinen simulointi nopeuttaa ja helpottaa uusien robottijärjestelmien suunnittelua. Simulointi mahdollistaa sen, että tällöin voidaan kokeilla erilaisia layout-vaihtoehtoja, määrittää robotin työsekvenssit, arvioida työaika ja suorittaa törmäystarkastelu. (Aalto ym. 1999, 96.)

Tietokoneavusteinen simulointi on huomattavasti helpompaa ja ennen kaikkea riskittömämpää kuin käytännön kokeilut. Testaus tietokoneella ei myöskään aiheuta häiriöitä käynnissä olevaan tuotantoon. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen. 1997, 319.) Simuloinnissa voidaan myös testata ja suunnitella työkaluvaihtoehtoja sekä oheislaitteita. Tarkka suunnittelu ja testaus ovat simuloinnin suurin etu ennen kalliiden koneiden ja laitteiden hankintaa. (Aalto ym. 1999, 96.)

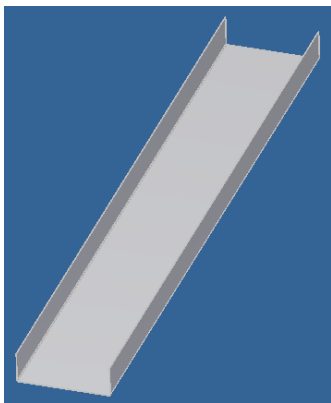
7.2 Simuloinnin teko

Simuloitaessa erilaisten työkonien toimintaa on ne ensin mallinnettava 3D-ohjelmalla. Valmiit mallit tuodaan simulointiohjelmaan, jossa niiden toiminta mahdollistetaan erilaisia käskyjä käyttämällä. (Lindevall 2010.)

ABB on valmistanut oman ohjelman robotin ja särmäyspuristimen toiminnan simuloimiseksi. Ohjelma on nimeltään Bending PowerPac. Kyseisellä ohjelmalla on mahdollista kokeilla oman yrityksen tuotteiden särmäystä. Särmättävä kappale mallinnetaan myös 3D-ohjelmalla. Tehty osa siirretään tiedostona Bending PowerPac:iin, minkä jälkeen simulointia on mahdollista kokeilla. (Lindevall 2010.)

7.3 Särmäyksen kellottaminen Kojalla

Robotisoidun särmäyksen ja manuaalisen särmäyksen vertaamiseksi kellotettiin kahden erilaisen osan särmäysprosessi Kojalla. Kellotettavat kappaleet ovat nostokorvat ja eräs koko vorkkijalista. Vorkkijalista on kuvattuna kuviossa 22.



KUVIO 22. Kuva vorkkijalistasta.

Vaiheet jotka kuuluvat kellotuksen sisälle ovat

- särmättävien osien hakeminen Finn-Powerin hyllystä
- oikeiden työkalujen vaihtaminen särmäyspuristimeen
- särmäysohjelman valinta
- kappaleiden särmäminen.

Suoritettaessa kellotusta huomattiin, että osien hakuun saattaa kulua paljonkin aikaa. Tämä johtuu siitä, että hyllystön juna palvelee samaan aikaan kolmea eri taivutusautomaattia. Tällöin osien hakemiseen ei saada mitään vakioaikaa, sillä aika riippuu junan jonotuslistan pituudesta. Jonotuslistan pituudella tarkoitetaan sitä, miten paljon osia on tilattu hyllystä muille asemille. Ongelmana on myös se,

että jonon ohi ei saa siirrettyä kappaleita listan kärkeen. Särmäysprosessin kellotustulokset on esitetty liitteessä 1.

7.4 Simulointi ja kellotus SeAMK:n konelaboratoriossa

Robotilla suoritettavan särmäyksen simulointi sekä kellotuksen suoritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun konelaboratoriossa. Melko uusissa tiloissa on nykyaikaiset robotit ja särmäyspuristin. Kuva konelaboratorion robotista ja särmäyspuristimesta on esitetty kuviossa 23.



KUVIO 23. SeAMK:n robotti ja särmäyspuristin.

Pientä haastetta simulointiin aiheuttaa se, että särmäys suoritettiin laboratoriossa valmiina olevilla tarttujilla. Tarttijat eivät sovellu valittuihin kappaleisiin, koska ne ovat koulutuskäyttöä varten. Kuvia laboratorion tarttujista on esitetty kuvioissa 17, 18 ja 19.

Tulokset laboratoriossa suoritetuista simuloinnista ja kellotuksista on esitetty liitteessä 1. Simulointia ei tehty laboratoriossa tietokoneella, vaan todellisuudessa. Teimme robotille ohjelmat vorkkilestoille ja nostokorville. Särmäyspuristinta emme saaneet toimimaan robotin kanssa ajanpuutteen vuoksi. Teimme kuitenkin ohjelmat ja kellotimme ajan, joka kuluu kun robotti liikuttaa kappaleita. Laboratoriossa suoritettuun kellotukseen lisättiin itse särmäykseen kuluva aika, joka on kellotettu Kojalla. Näin saatiin melko lähellä todellista oleva aika. ABB:n tuotepäällikkö lupasi tehdä robottisärmäyssiinulaation yhdelle Kojan kappaleelle.

7.5 Simuloinnin vahvuudet ja heikkoudet

Oikein käytettynä simulointiohjelma on erittäin hyvä työkalu tuotannon järjestelmien suunnittelussa. Monesti jonkin ongelman luonteesta tai ratkaisumahdollisuuksista syvällisemmän tiedon saanti on mahdollista ainoastaan simuloinnilla. Myös simuloinnilla on heikkoutensa ja ne tulee tiedostaa väärinkäsitysten ja virheiden välttämiseksi. Seuraavaksi on listattu vahvuuksia ja heikkouksia. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen. 1997, 328.)

Vahvuudet

- Kokeilumahdollisuuksia on periaatteessa rajaton määrä.
- Vaihtelu pystytään ottamaan huomioon.
- Simulointimalli lisää ymmärrystä järjestelmän toiminnasta.
- Tuotantoa ei häiritä.
- On edullinen.
- Animaatiosta tulos nähdään vakuuttavasti.
- Simuloitu malli on helpommin ymmärrettävissä kuin matemaattinen malli.
- Muutoksen tekeminen on kohtuullisen helppoa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen. 1997, 328.)

Heikkoudet

- Vaarana on, että todellisuus ja malli eivät vastaa toisiaan.
- Tulosten oikeellisuus on vaikea todistaa.
- Tulokset ovat usein epätarkkoja.
- Oleellisen tiedon erottaminen on tärkeää, koska simulointi tuottaa paljon informaatiota.
- Huolellisesti tehtynä tutkimus kuluttaa aikaa.
- Epäolennaisuuksiin takertuminen on vaarana.
- Tulosten ennakointi on vaikeaa.
- Optimiratkaisua ei välttämättä saavuteta, koska simulointi on kokeellinen menetelmä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen. 1997, 329.)

8 SÄRMÄYSSOLUN TOIMINTAPERIAATE

8.1 Robotti osana FM-järjestelmää

Tuotantoautomaatiossa robotteja käytetään kappaleenkäsittelyssä. Eri tuotantosoluista voidaan muodostaa suurempia joustavia valmistusjärjestelmiä eli FMS-järjestelmiä robottien, työstökoneiden ja kuljettimien avulla. Edellä mainittujen laitteiden ohjaus ja ohjelmointi on mahdollista hoitaa keskitetysti. Näin rakennetut valmistusjärjestelmät mahdollistavat miehittämättömien tuotantojaksojen käytön. (Aaltonen & Torvinen 1997, 160.)

Joustavuus tarraimien rakenteissa ja apulaitteissa on edellytys robottien käytölle laajoissa järjestelmissä. Nykyaikaisien teollisuusrobottien käyttö uusissa tuotanto-tehtävissä on mahdollista tarraimien uudelleensuunnittelun jälkeen. (Aaltonen & Torvinen 1997, 160.)

8.2 Osien tilaus

Osien tilaaminen tapahtuu työntekijöiden aloitteesta osastoittain. Kun työntekijät huomaavat, että osat ovat loppumaisillaan, he tekevät tilauksen levytyökeskuksen tietokoneelle. Tilattaville osille annetaan myös prioriteettiarvo asteikolla 1–3. Arvo yksi ilmaisee kiireellistä tarvetta, ja arvo kolme ilmaisee kiireetöntä tarvetta. Prioriteettiarvojen avulla tilaukset menevät oikeaan tärkeysjärjestykseen.

Tilaukset päivittyvät levytyöntekijöiden tietokoneelle JetCam-ohjelmaan, josta ne saadaan nestattua. Ongelmana tässä toiminnassa on se, että osien tilaus on työntekijöiden vastuulla ja tilaustapahtuma ei välttämättä ajoitu oikein. Tällöin osat eivät myöskään valmistu ajoissa ja hyllyt saattavat olla tyhjänä jonkin aikaa.

Ratkaisuna tähän ongelmaan voisi olla 2-laatikkojärjestelmä. Tällaisessa järjestelmässä olisi käytössä jokaisen tuotteen materiaaleille kaksi eri laatikkoa. Toinen laatikko sijaitisi käyttövarastopaikalla ja toinen puskurivarastossa. Toisen tyhjentäessä se toimitetaan tilauspaikalle, jossa se täytetään. Tällöin toinen laatikko tuotaisiin tilattujen osien paikalle puskurivarastosta ja näin tuotannossa ei tapahdu katkoksia. Tilanpuute aiheuttaisi kuitenkin ongelmia tällaisen järjestelmän käytössä, koska jokaista tuotetta tulisi olla kahdessa paikassa.

Yksi vaihtoehto olisi, että hyllyihin laitettaisiin esimerkiksi kahta eri väriä, vihreää ja punaista, jokaisen materiaalin kohtaan. Punainen kattaisi puolet materiaalin hyllytilasta ja samoin myös vihreä. Kun materiaalinippu lähestyisi punaisen rajaa, tulisi tilaus tehdä. Näin saataisiin samanlainen järjestelmä, kuin 2-laatikkojärjestelmä, toteutettua. Jotta muut työntekijät huomaavat, että osia on tilattu, merkiksi voisi laittaa keltaisen lapun tilatun materiaalin kohdalle. Toiminta edellyttäisi sitä, että jokainen työntekijä, joka vastaa tietystä hyllystä, kävisi sen läpi aina ennen työvuoron päätyttyä. Läpikäyntiin ei kuluisi paljoakaan aikaa, koska tilanteen näkisi nopeasti kun hyllyä katsoo.

8.3 Solun toiminta ja valmiiden osien toimitus

Särmäyssolusta ja sen toiminnasta huolehtii särmääjät, koska tavallisesti tilaukset toimitetaan myös särmääjille. Tällöin he tietävät, mitä osia tulee tehdä ja kuinka paljon. Molemmissa työvuoroissa yksi särmääjä huolehtisi, oman työn ohella, robotin työllistämisestä.

Särmättävät aihiot otetaan varastosta ja viedään robotille trukkilavoilla. Trukkilavojen paikat on myös merkittävä lattiaan, jolloin aihiot ovat aina oikeassa kohdassa robotille. Aihoiden viennin jälkeen robotille valitaan oikea ohjelma ja suljetaan turva-aidan ovi. Jokaiselle osalle tehdään omat ohjelmat, joiden tekemisestä huolehtii laitetoimittaja. Aihoiden sijainnista lavalla voidaan sopia niin, että osat olisivat aina mahdollisimman keskellä trukkilavalla. Tällöin työntekijöiden ei tarvitse muistella, miten eri aihiot tulee asetella. Aihoiden sijainnilla lavalla ei ole suurta merkitystä, koska robotti keskittää kaikki aihiot keskityspöydällä.

Robotti särmää kappaleet ja asettelee ne ohjelmoituun järjestykseen toiselle trukkilavalle. Kun kaikki kappaleet on särmätty, robotti voidaan pysäyttää ja valmiit kappaleet voidaan hakea solusta. Särmääjät toimittavat valmiit kappaleet hyllyihin puskurivarastoon, jossa ne odottavat, että käyttövarastosta materiaalit loppuvat ja tilaustapahtuma toistuu. Ennen valmiiden kappaleiden toimitusta työntekijä voi asettaa robotille uudet särmättävät aihiot.

8.4 Osaston layout

Soluun kuuluvat laitteet ovat robotti, särmäyspuristin, työkalujen vaihtopiste, keskityspöytä, ohjausjärjestelmä sekä särmättävien ja valmiiden kappaleiden lavapaikat. Lisäksi särmäyspuristin tulisi nostaa hieman maasta ylös, jotta robotin liikkeet helpottuvat. Nostoksi riittää 200–300 mm. Näin robotille mahdollistetaan laajemmat liikkeet toimiakseen. Myös suurempien kappaleiden käsittely helpottuu, koska kappaletta käännettäessä ahio ei osu robotin käsivarteen tai ranteeseen. (Väisänen 2010.)

Liitteissä 2 ja 3 on kuvattuna kahden eri toimittajan layout-kuvat solusta. Teemme kuvien perusteella uuden layoutin särmäysosastolle. Liitteissä olevat solun mitat ovat suuntaa-antavia, koska kyseisten solujen kokoonpano ei välttämättä ole sama, kuin mikä Kojalle sopisi. Uuden layoutin tekoon käytämme Autodesk Inventor Professional 2009-piirustusohjelmaa. Kahden uuden layoutin piirustukset on esitetty liitteissä 4 ja 5. Uuden layoutin 3D-kuva on esitetty liitteessä 6.

Liitteiden 4 ja 5 layouteissa särmäyssolu on mahdutettu samaan kohtaan liitteissä 2 ja 3 olevien mittojen mukaan. Kuten edellä on mainittu, mitat saattavat muuttua, koska kokoonpano on eri. Solujen mitat eivät kuitenkaan ylitä liitteen 2 mittoja, koska se on tarpeeksi monipuolinen. Pienemmäksi solun koko saattaa muuttua, mutta se ei aiheuta mitään ongelmia.

Toistakin paikkaa suunniteltiin solun paikaksi siten, että olemassa olevat särmäyspuristimet olisi käännetty selin toisiaan vasten. Tällöin solulle olisi tullut tilaa materiaalivaraston purkupaikan viereen, mutta sitten levyleikkuri olisi aiheuttanut on-

gelmia. Lisäksi pienimmillä muutoksilla päästään, kun solu rakennetaan liitteissä 4 ja 5 olevalle paikalle. Ainut laite jota jouduttaisiin siirtämään, on syvävetoprässi. Muutoksen jälkeen trukille jäisi vieläkin tilaa päästäkseen työkaluhyllylle. Piirustuksista havaitaan myös, että solulle jäisi tilaa vielä siirtää käytävälle päin, mikäli näin haluttaisiin. Molemmissa tapauksissa solun siirto käytävän tasalle mahdollistaisi pääsyn hyllyn luo, joka on merkitty liitteeseen 4 numerolla 18.

9 TULOKSET

Salassapidollisista syistä yritysten nimiä eikä todellisia kustannushintoja ilmoiteta. Eri laitetoimittajilta kyseltiin tarjouksia koskien robottisärmäyssoluja. Myös yksittäisen robotin ja särmäyspuristimen hintoja tiedusteltiin, mikäli solu rakennettaisiin osista. Robottitoimittajia joilta tarjouksia tiedusteltiin, olivat yritys A, yritys B ja yritys C. Yritys D ja yritys E olivat puolestaan särmäyspuristimien toimittajia. Kahdelta jälkimmäiseltä toimittajalta löytyi myös valmiita robottisärmäyssoluja.

Särmäysrobotin valinnassa inertian vaikutus kasvaa suuremmaksi rajoittavaksi tekijäksi, kuin kappaleen paino. Robottitoimittajien esitteissä ilmoitettu robotin kantokyky, on ilmoitettu usein ilman tarttujan painoa. Eli kappaleen massan lisäksi huomioon tulee ottaa tarttujan massa. Pitkissä ja painavissa kappaleissa tarttuja saattaa olla melko kookas, jotta tarvittava tartuntavoima saataisiin. (Kymäläinen 2010.)

Särmäyspuristimessa ainoana vaatimuksena oli, että 3 mm:n teräs saadaan taivutettua taivutuspituuden ollessa 2000 mm. Laitetoimittajilta varmistettiin, että 500 kN:n voima särmäyspuristimessa riittää kyseessä olevalle taivutuspituuudelle.

9.1 Projektin kustannus

Kustannus ja kannattavuuslaskelmat on esitetty liitteessä 7. Hintoja verrattaessa päätettiin, että solu tulisi hankkia kokonaistoimituksena yhdeltä toimittajalta. Tällöin ostaja pääsee vähemmällä ja saa valmiin ja toimivan ratkaisun. Tarjouksia verrattaessa parhaimmasta kokonaistoimituksen tarjouksesta vastasi yritys E hintaan 67 000 €. Kauppahintaan sisältyi kuljetus, Fanucin robotti, kaksi tarttujaa, Schiavin särmäyspuristin, keskityspöytä, ohjelmointi, koulutusta kaksi viikkoa sekä turvaaidat. Ainoastaan särmäyspuristimen työkalut eivät kuuluneet hintaan. Laitteiden sähköistys ei kuulunut myöskään hintaan. Sähkömies löytyy kuitenkin Kojalta, joka

todennäköisesti tekee vaadittavat asennukset. Muilla toimittajilla oli samanlaiset toimitusperusteet. Ratkaisevana tekijänä valinnassa oli robotin hinta ja yritys E pystyi tarjoamaan edullisimman robotin. Puristimen työkaluille ilmoitettiin hinnaksi 150 €/ metri. Kokonainen työkalulaatikko maksaisi 6 000 €. (Väsiänen 2010.) Solun hankinnan yhteydessä tulisi myös hankkia työkalu jolla saadaan tehtyä v-ura nostokorvien aihioon, jolloin nostokorvat saadaan helposti taivutettua irti toisistaan. Hinnaltaan kyseinen työkalu maksaa noin 500-1500 €. (Sundberg 2010.)

Kokonaiskustannuksiin kuuluu solu, sähkötöiden materiaali, uusi työkalu levytyökeskukseen sekä työkalut särmäyspuristimeen. Yhteensä alle 75 000 € ilman kokonaista työkalulaatikkoa. Laatikon kanssa kustannukset 81 000€

9.2 Solun kannattavuus

Laskelmien alustana pidettiin työntekijän tuntiansiota joka on 15 €/ tunti. Tähän sisältyy kaikki kustannukset mitä työntekijään kohdistuu. Laskelmien perusteella valitun toimittajan solun takaisinmaksuaika on 279 työpäivää työntekijöiden palkkakustannuksilla laskettuna. Ajallisesti laskettuna aikaa kuluu vuosi ja kaksi kuukautta. Kokonaiskustannuksien takaisinmaksuaika on Liitteen 7 mukaan 338 työpäivää laskettuna työkalulaatikon kanssa.

Liitteessä 7 on laskettuna robotin särmäyskyky, joka on teoreettisesti 1230 kappaletta päivässä. Näin laskettuna robotti tekisi kolmen päivän työt yhdessä päivässä. Todellisuudessa totuus on kaukana tuosta luvusta, koska särmättävät kappaleet vaihtuvat päivän aikana, työkalumuutoksia täytyy tehdä ja lisäksi särmättävien ja valmiiden kappaleiden siirtely kuluttaa aikaa. Todellisuudessa olevaa kapasiteettiä on vaikea arvioida, koska eri kappaleiden särmäys tulisi kellottaa ja solun eri toimintojen suorittaminen tulisi myös kellottaa. Päivittäiseen tarpeeseen robotin kapasiteetti ylittää kuitenkin helposti. Näin ollen solun hankinta olisi melko kannattavaa, koska puuduttavien kappaleiden särmäyksen hoitaisi robotti. Tällöin työntekijöiden väsymiseltä vältyttäisiin, koska monimutkaisemmat kappaleet jäisivät heidän särmättäväksi. Liitteessä 8 on kuvat ja tietoa valituista koneista.

9.3 Solun joustavuus

Robottisärmäyssolu on todella joustava, koska uusien kappaleiden särmääminen ei ole mikään ongelma. Robotille täytyy vain tehdä tällöin uusi ohjelma uudelle kappaleelle. Ohjelman tekeminenkään ei aiheuta tuotantoon katkoksia, koska ohjelmoinnin voi suorittaa off-line-ohjelmointina erillisellä tietokoneohjelmalla. (Väisänen 2010.)

Joustavuutta lisää myös se että roboteille on saatavissa monenlaisia tarttujia. Myös itse voi valmistaa haluamansa tarttujan ja näin onkin tehty monissa yrityksissä, jolloin säästää melkoisesti. (Väisänen 2010.)

Solussa tehtäviä asetuksia ovat särmäyspuristimen terien vaihtaminen, työn valitseminen, aihoiden vienti soluun ja aihoiden purkaminen solusta. Kyseisissä asetuksissa ei ole kyse kovinkaan pitkistä asetusajoista. Terien vaihtaminen on nopeaa, koska valmiiksi tiedetään, millaisia teriä erilaisille särmättäville osille käytetään. Robotin työn valinta tapahtuu joko tietokoneelta tai käsiohjaimesta. Aihoiden viennissä tai purkamisessa ei kestä kovinkaan kauaa, tapahtuipa se sitten trukilla tai pumppukärryllä.

10 YHTEENVETO

Työssä keskityttiin asioihin, jotka liittyvät robottisärmäyssolun toimintaan, kuten robotiikkaan, särmäykseen, automaatioon ja tuotannonohjaukseen. Teoriaosa on melko syvällisesti toteutettu, ja tällöin asiat avautuvat paremmin lukijalle. Soveltavassa osassa on kerrottu, millaisia ratkaisuja solun hankkiminen vaatii sekä miten niihin päästään.

Suomessa ja ulkomailla on olemassa paljon laitetoimittajia roboteille ja särmäyspuristimille. Jos projektia lähdetään viemään eteenpäin, tulisi mielestäni kaikki laitetoimittajat, joita Suomesta löytyy, käydä läpi. Tämä siksi, koska läpikäytyjen toimittajien hinnoissa oli melkoisia eroja ja oheistuotteiden osalta löytyi myös eroja. Toki ulkomaistenkin toimittajien kilpailuttaminen olisi kannattavaa. Tietenkin ulkomailta ostettaessa tuotteita niiden toimittamisessa on omat hankaluutensa, kuten laivaus ja tullaus. Näitä ongelmia ei olisi, mikäli tuotteet ostettaisiin kotimaan toimittajilta. Käytettyjä laitteita löytyy myös varsin edullisesti ja niitäkin kannattaisi kysellä.

Lisäksi mielestäni kannattaisi tutustua yksityiskohtaisesti Finn-Powerilta saatavaan täysin automatisoituun robottisärmäyssoluun. Tämä tarkoittaa sitä, että solu on mahdollista liittää Finn-Powerin NightTrain-järjestelmään, joka on olemassa Kojalla. Tällöin tuotanto olisi mahdollista toteuttaa täysin automaattisesti. Tämä asia jätettiin kuitenkin tässä opinnäytetyössä ilman huomiota, koska järjestelmän suunnittelusta ja toteuttamisesta olisi voinut tehdä oman opinnäytetyönsä. Lisäksi kyseisen yrityksen myyntipäällikön mukaan Kojalla tulisi tehdä pieniä rakenteellisia muutoksia järjestelmän aikaansaamiseksi. Tässä työssä perehdyttiinkin soluun, jonka lastauksesta ja purusta huolehtivat työntekijät.

Suunniteltu robottisärmäyssolu oli tarkoitus saada mahtumaan kokonaisuutena särmäysosastolle. Toimittajilta saimme selville erilaisien solujen mittoja. Piirsimme solut ja kokeilimme niitä layoutteihin, jotta huomattaisiin miten solu olisi mahdollis-

ta sijoittaa. Lopputuloksena solu mahtuisi kahden eri toimittajan mittojen mukaan syvävetoprässin viereen. Näin ollen trukille jäisi vielä tilaa työskennellä hyllyjen ja syvävetoprässin välissä. Solun suunnittelussa laitetoimittaja huolehtii siitä, että kaikki tarpeellinen tulee mukaan. Keskusteluiden pohjalta huomattiin, että robottitarttumat kannattaa suunnitella yhdessä laitetoimittajan kanssa. Kuitenkin uudet tarttumat kannattaa valmistaa itse, koska ne ovat melko yksinkertaisia valmistaa ja näin säästettäisiin satoja euroja. Kojalla särmättäville kappaleille sopi parhaiten imukupitarttumat joita tulisi olla montaa eri kokoa.

Särmäysosaston työntekijät huolehtivat siitä, että robotti tekee töitä. Kaikki särmättävät kappaleet tuodaan levytyökeskukselta työntekijöiden toimesta robottisoluun trukkilavalla. Lava asetetaan merkittyy paikkaansa, jonka jälkeen robotille valitaan oikea tehtävä. Työntekijät poistavat valmiiden kappaleiden lavan tai lavat solusta ja vievät kappaleet niille varatuille paikoilleen. Jos käytössä olisi 2-laatikkojärjestelmä, niin kappaleet toimitettaisiin puskurivarastoon odottamaan käyttövaraston loppumista.

Särmättävät kappaleet ovat yksinkertaisia siten, että niissä on yksi tai kaksi taitosta. Näiden kappaleiden sarjakoko on melko suuri ja kokojensa puolesta ne eivät mahdu Finn-Powerin taivutusautomaattiin. Tämän takia näiden kappaleiden kohdalla särmäys haluttiin toteuttaa robotilla. Kyseisten kappaleiden särmäminen robotilla vähentää tapaturmariskiä, koska tällaisten yksinkertaisten kappaleiden särmäminen puuduttaa työntekijöitä.

Solun kannattavuutta tutkittaessa tehtiin särmäyskellotuksen niin Kojalla kuin SeAMK:n konelaboratoriossa. Laboratoriossa tehty särmäyskellotus suoritettiin robotin tehdessä liikerataansa kahdelle eri kappaleelle. Robotti oli toisen kappaleen särmämisessä paljon hitaampi kuin työntekijä, mutta laskelmien mukaan robotti täyttäisi helposti päivässä vaadittavien kappaleiden särmäamisen. Laskelmien ja kellotusten perusteella päätettiin robotti kannattavaksi ratkaisuksi Kojan tuotantoon.

11 OMAT POHDINNAT

Työssä olisi myös jatkokehitysmahdollisuus laajentaa robotti panostamaan syvävetoprässiä. Se olisi melko helppo toteuttaaakin, koska syvävetoprässi on valmiiksi solun vieressä. Robotin liike syvävetoprässille voitaisiin toteuttaa cnc-lineaariradalla. Näin tuotantoa saataisiin edelleen tehostettua. Syvävedettävien kappaleiden kohdalla tarttuvia jouduttaisiin todennäköisesti tekemään lisää.

Yksi robotisoitava kohde voisi olla myös suodatinkehysten pistehitsaus. Tätä ei kuitenkaan voitaisi liittää kyseiseen järjestelmään, koska särmäyksen, syvävedon ja pistehitsauksen automatisointi veisi melkoisesti tilaa. Ehkä toisen robotin hankinta olisi tässä kohdassa mahdollista ja kannattavaakin.

Työtä tehdessä on saanut soveltaa ammattikorkeakoulussa oppimiaan asioita. Vaikeissa tilanteissa apua on saanut SeAMK:n henkilökunnalta. Omasta mielestäni kyseisen työn tekeminen oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava. Työtä tehdessä oppi lisää asioita automaatiosta ja robotiikasta. Lisäksi työn tekemisen ohessa huomasi sen, mihin asioihin pitää panostaa, kun tällaista projektia viedään eteenpäin.

LÄHTEET

- Aalto, H. ym. 1999. Robotiikka. Vantaa: Suomen Robotiikkayhdistys Ry.
- Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikka. Porvoo: WSOY.
- ABB. 2010. [www-dokumentti]. [Viitattu 3.2.2010]. Saatavissa: [http://www.abb.fi/ProductGuide/EnlargeImage.aspx?imageUrl=http://www02.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/6BEE66758820DB6CC1256FB3002C993C/\\$File/479_720.jpg](http://www.abb.fi/ProductGuide/EnlargeImage.aspx?imageUrl=http://www02.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/6BEE66758820DB6CC1256FB3002C993C/$File/479_720.jpg)
- Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1999. Automaatiolaitteet. 2. p. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Infacs Oy.
- Heinokoski, R., Asp, R. & Hyppönen, H. 2008. Automaatio: Helppoa elämää? Helsinki: Suomen Automaatioseura Oy ja Opetushallitus.
- Hunnakko, I. 2010. Myyntipäällikkö. Finn-Power Oy. Puhelinkeskustelu 20.1.2010.
- Ihalainen, E. ym. 2003. Valmistustekniikka. 10. p. Helsinki: Otatieto Oy.
- Katainen, H. & Mäkinen, A. 1989. Muovaava ja leikkaava työstö. Porvoo: WSOY.
- Kauppinen, V. 1991. Levytyöt Pienerätuotannossa. 2. p. Helsinki: Otatieto Oy.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Vantaa: WSOY.
- Kippo, A. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Kymäläinen, K. 2010. Myynti-insinööri. Motoman Robotics Finland Oy. Puhelinkeskustelu 20.1.2010.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. p. Porvoo: WSOY.

Lindevall, T. 2010. Tuotepäällikkö. ABB Oy. Tapaaminen 17.2.2010.

Lehtonen, M. 2005. ABB järjestelmän yleiskuvaus ja peruskäsitteet. [Pdf-tiedosto].[Viitattu 22.3.2010]. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön yhteinen verkkoasema. Vaatii käyttäjätunnuksen.

Ruukki. 2008. [WWW-dokumentti].[Viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ruukki.com/www/finland.nsf/Documents/5A9674AE999DDB06C22574D300246646?OpenDocument>

Ruukki. 2007. [WWW-dokumentti].[Viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: [http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/FE342AB54168FC6AC225727C0030A129/\\$File/S%C3%A4rm%C3%A4ys%20ja%20muovaus_HR_02.2007_FI.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/0/FE342AB54168FC6AC225727C0030A129/$File/S%C3%A4rm%C3%A4ys%20ja%20muovaus_HR_02.2007_FI.pdf?openElement)

Sundberg, K. 2010. Myyntipäällikkö. Finn-Power oy. Puhelinkeskustelu 30.3.2010.

Väisänen, M. 2010. Huoltopäällikkö. CoastOne Oy. Tapaaminen 22.2.2010.

LIITTEET

Liite 1: Särmäyksen kellotukset

Liite 2: Finn-Power särmäyssolun layout

Liite 3: Coastone särmäyssolun layout

Liite 4: Särmäysosaston layout ja osaluettelo

Liite 5: Särmäysosaston layout Finn-Powerin solulla

Liite 6: Layoutin 3D-kuva

Liite 7: Kustannus ja kannattavuuslaskelmat

Liite 8: Valitut koneet

LIITE 1: SÄRMÄYKSEN KELLOTUKSET

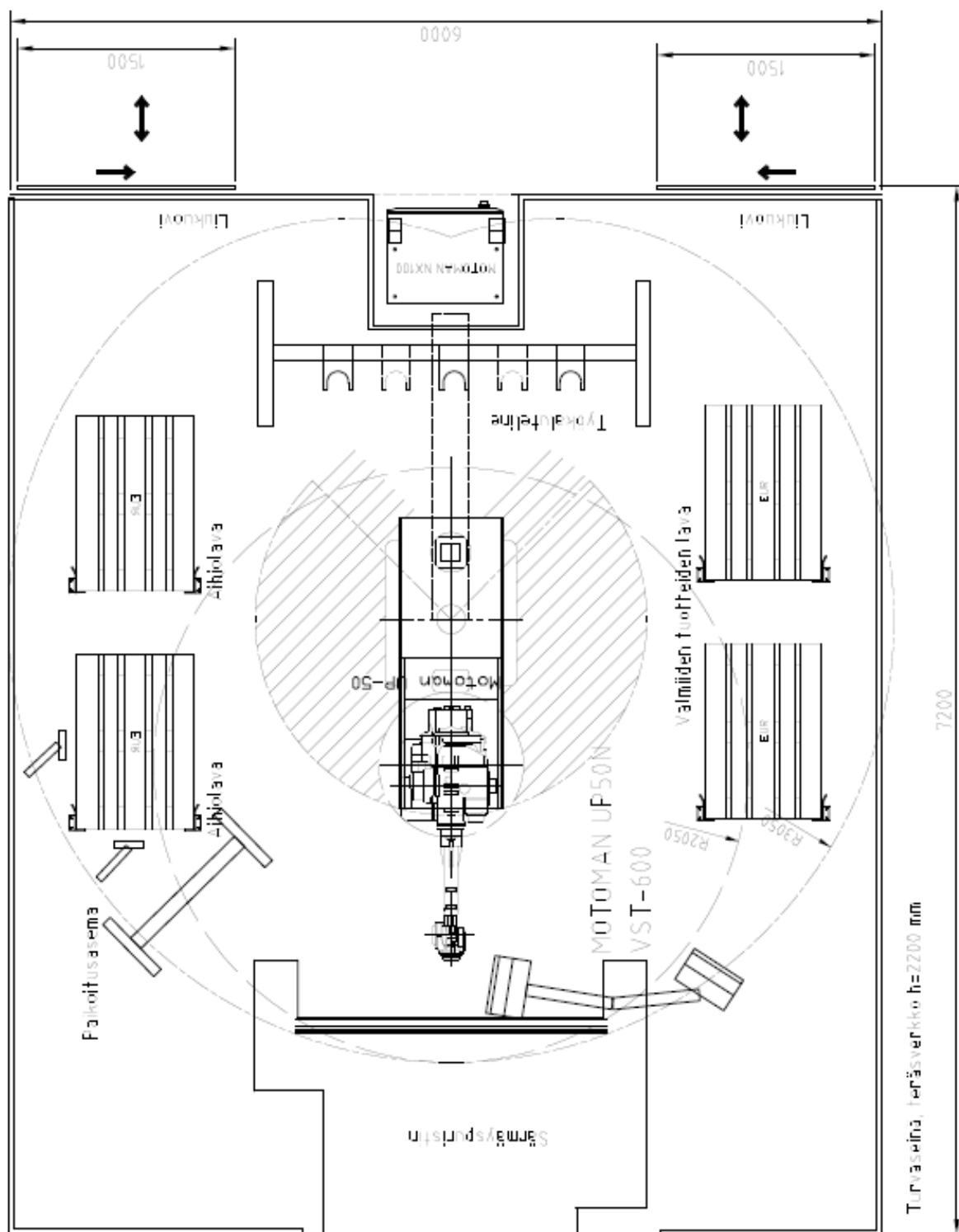
Kojalla kellotetut ajat ovat alla olevassa taulukossa.

	Osat paikalle	Terien vaihto	Särmäys 50 kpl
Nostokorvat	4 min	2 min 19 s	3 min 31 s
Vokkिलistat	10 min	2 min 19 s	11 min

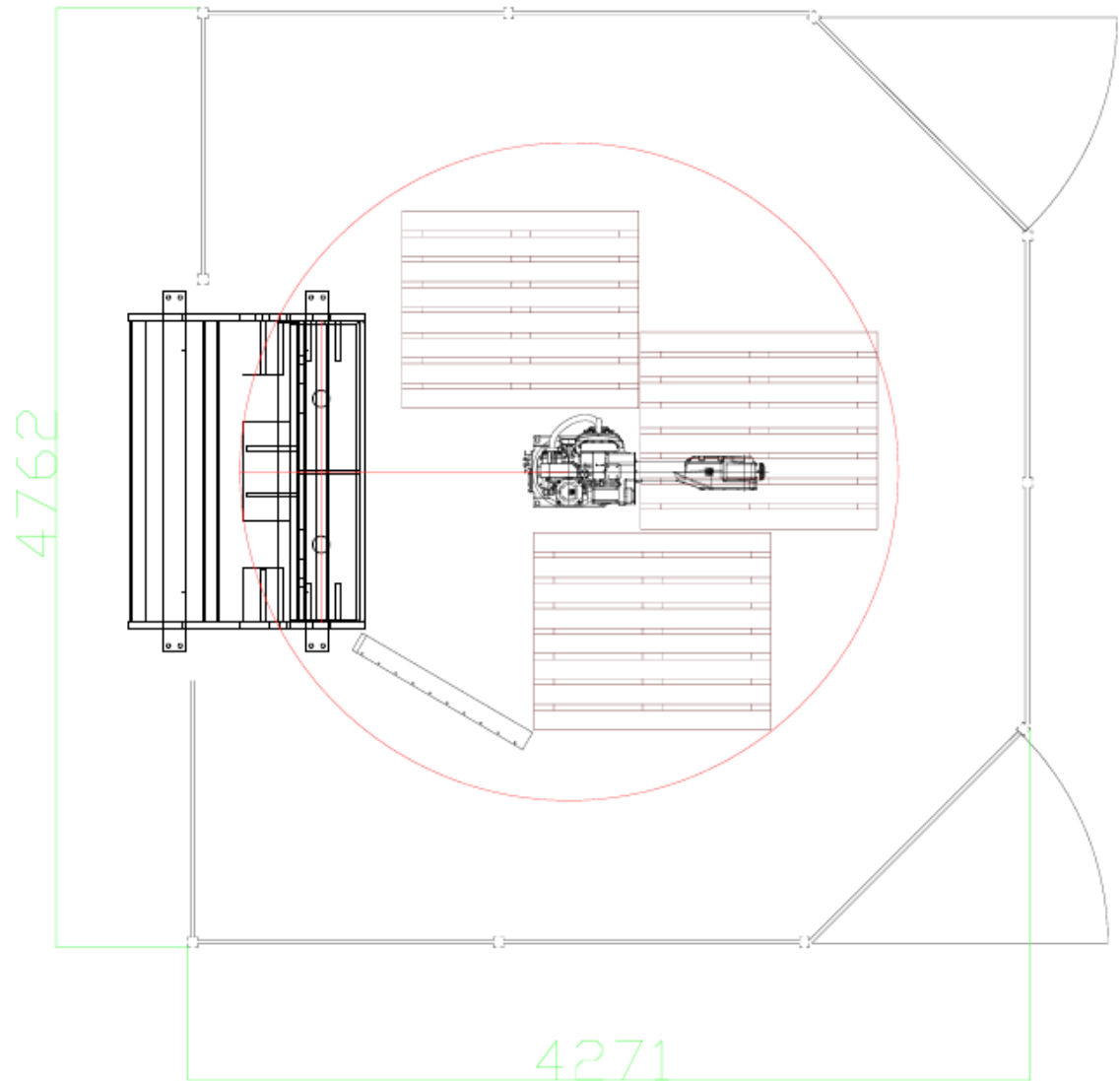
SeAMK:n konelaboratoriossa suoritettu kellotus on alla olevassa taulukossa.

	Osat paikalle	Terien vaihto	Särmäys 50 kpl
Nostokorvat	Samat ajat kuin Kojalla	2 min 19 s	3 min
Vokkिलistat	Samat ajat kuin Kojalla	2 min 19 s	39 min

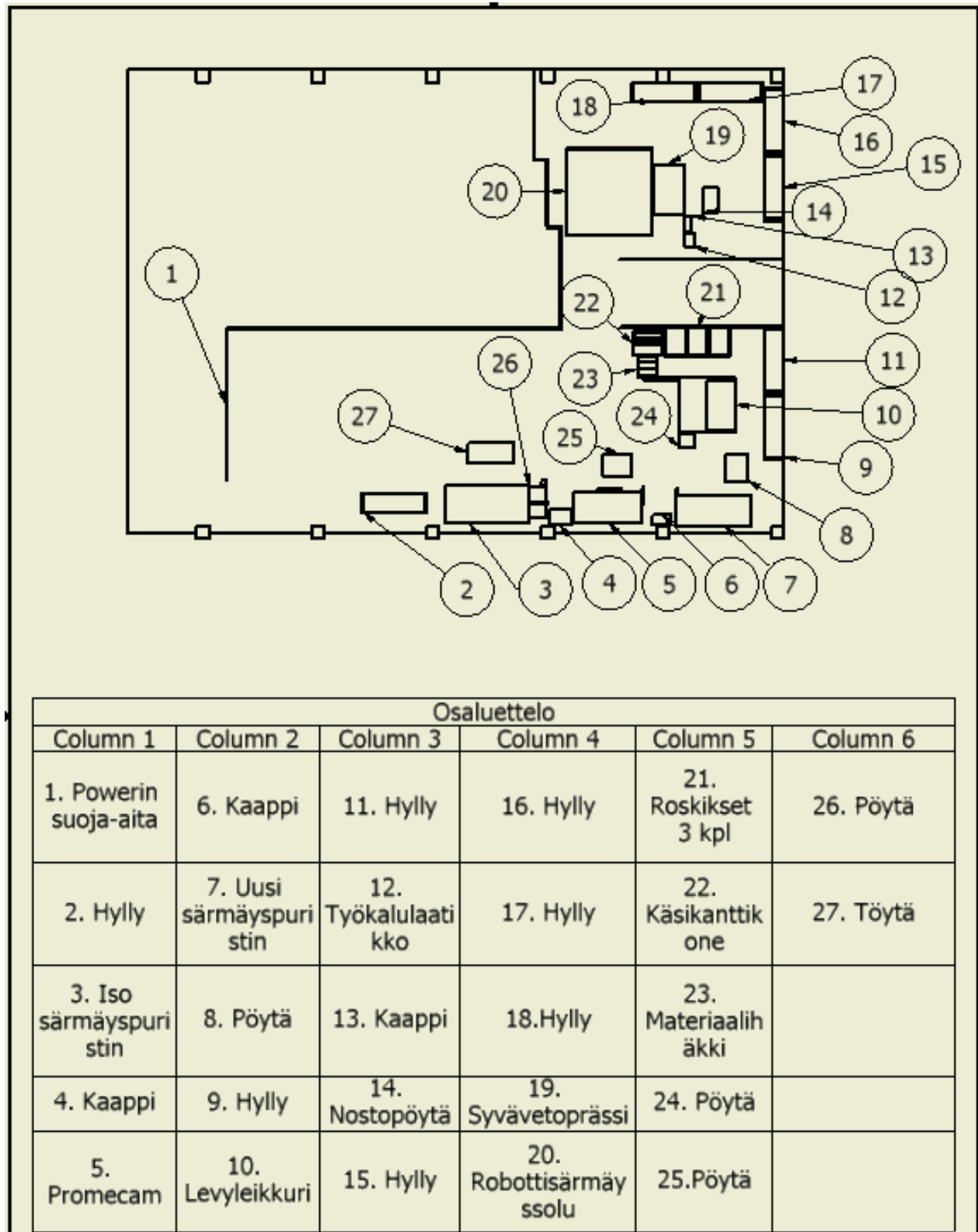
LIITE 2: FINN-POWER SÄRMÄYSSOLUN LAYOUT



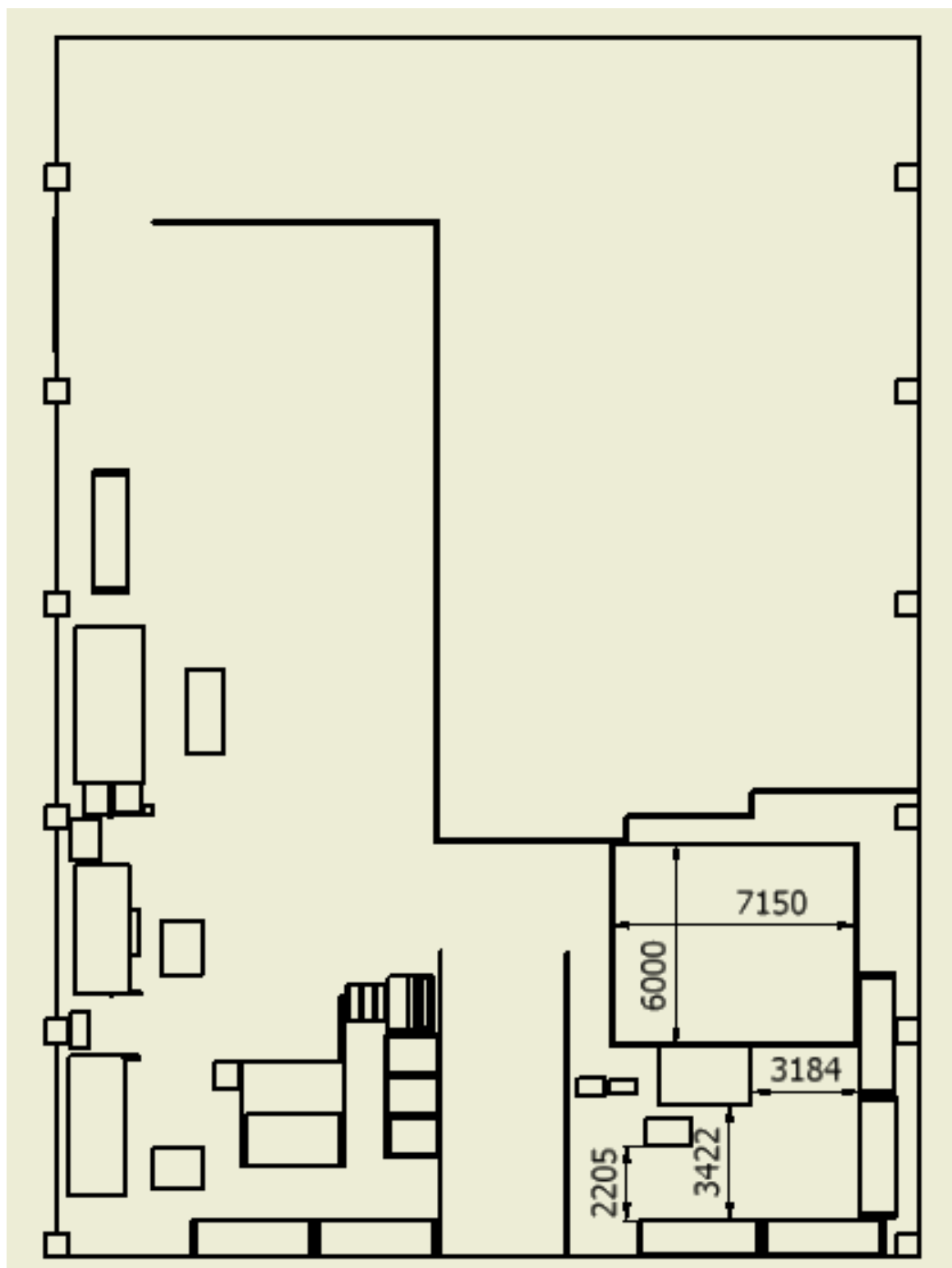
LIITE 3: COASTONE SÄRMÄYSSOLUN LAYOUT



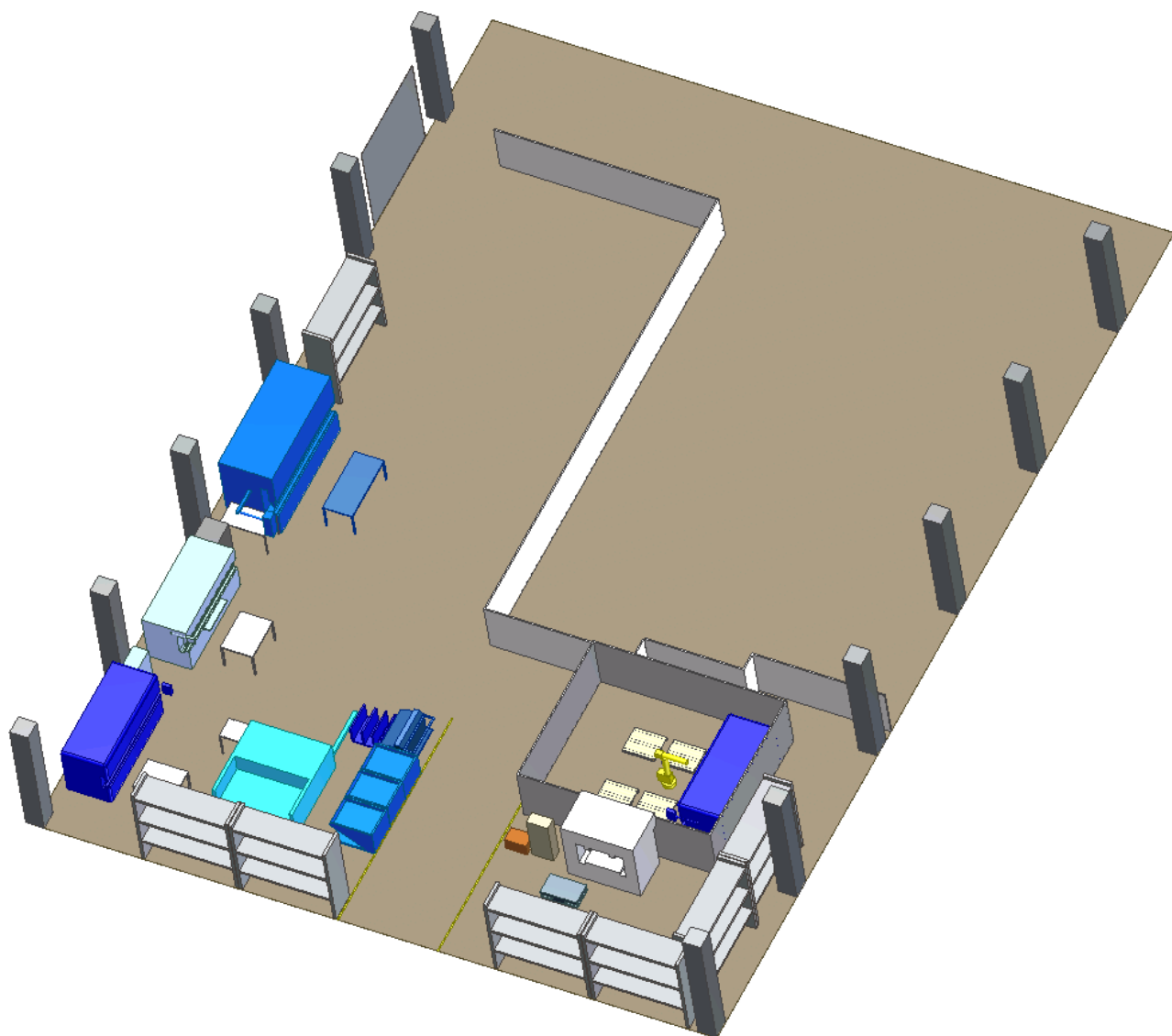
LIITE 4: SÄRMÄYSOSATON LAYOUT JA OSALUETTELO



LIITE 5: SÄRMÄYSOSASTON LAYOUT FINN-POWERIN SOLULLA



LIITE 6: LAYOUTIN 3D-KUVA



LIITE 7: KUSTANNUS JA KANNATTAVUUSLASKELMAT

Toimittajien antamat tarjoukset ovat alla olevassa taulukossa.

	Yritys A	Yritys B	Yritys C	Yritys D	Yritys E
Robotti	37 500€	46 250€	57 839€	42 500€	34 200€
					27 250€ (Käytetty+rata)
Särmäyspuristin				50 000€	Cone 30 000€ (1600 mm)
					Schiavi 32 750€

Työntekijäkustannukset päivässä 240 €.

Takaisinmaksuaika solulle on 67 000 € jattuna 240 € tekee 279 työpäivää

Kokonaiskustannusten takaisinmaksuaika 81 000 € jattuna 240 € tekee 338 työpäivää.

Kannattavuuslaskelmat:

Kappaleet joita tarvittaisiin teoriassa päivässä, laskettuna tarpeen määrästä kuukaudessa. Vaadittavia kappaleita kuukaudessa on 8032 ja päivää kohden se tekee 401,6. Laskettuna siten, että kuukaudessa on 20 työpäivää. Robotin päivittäinen särmäyskyky kappaleissa on laskettu ajalla, joka kuluu vorkilistojen särmäykseen. Kahdessa vuorossa työtunteja kertyy 16 tuntia päivässä. 960 minuuttia. Tämä jaettuna särmäykseen kuluvalle ajalle, liitteestä 1, saadaan 24,6. Toisin sanoen 50:en kappaleen särmäystyökiertoja pystytään tekemään 24,6 kappaletta. Valmiita kappaleita syntyy päivässä $24,6 \cdot 50 = 1230$ kappaletta. Tämä on siis teoreettinen kyky, joka edellyttäisi siis saman tuotteen särmäystä päivän aikana ilman katkoksia.

LIITE 8: VALITUT KONEET

Särmäyspuristimeksi Schiavin hfbs 50,20 kahden akselin takavaste ja robotisoitu.

Puristusvoima 500 kN taivutuspituus 2000 mm.



Robotiksi Fanuc m710/i 50 kg:n nostokyky.

6-akselinen, toistotarkkuus 0,07 %, ulottuvuus 2050 mm.

